

# ATS Ydintekniikka 3/1982

|  |              |    |
|--|--------------|----|
| YDINKAUKOLÄMPÖLAITOS   |              | 1  |
| ATS:N EKSURSIO UNKARIIN JA ITALIAAN 30.9. ...<br>9.10.1982                             | P.Holmström  | 3  |
| YDINENERGIAN TUTKIMUKSEN RAHOITUS v.1983   |              | 4  |
| IVO - MINENERGO YHTEISTYÖSOPIMUS   |              | 5  |
| OECD: PROSPECTS CALL FOR ACCELERATED CONSTRUCTION<br>OF NUCLEAR REACTORS               |              | 6  |
| SAKSALAIS-SUOMALAINEN REAKTORITURVALLISUUS-<br>SEMINAARI                               | L.Mattila    | 12 |
| MOTOR COLUMBUS: KUSTANNUSVERTAILU  | P.Pirilä     | 18 |
| FORATOM VIII KONGRESSI   | J.Routti     | 28 |
| KANSAINVÄLISEN KAUPPAKAMARIN (ICC) JULKILAUSUMA<br>YDINENERGIAN JA KIVIHIILEN KÄYTÖSTÄ | J.Santaholma | 38 |
| NUCLEAR ENERGY IN SWITZERLAND  | J.Rognon     | 55 |
| ERI MAIDEN YDINJÄTEHUOLTOSUUNNITELMAT  | E.Ruokola    | 79 |

# ATS YDINTEKNIikka

NUMERO  
LOKAKUU  
JULKAISIJA

3/1982

1982

Suomen Atomiteknillinen Seura —  
Atomtekniska Sällskapet i Finland r.y.

## TOIMITUS

### PÄÄTOIMITTAJA

TKT HEIKKI REIJONEN  
PUH. 90-4564148

VTT/SÄHKÖ- JA ATOMITEKNIIKAN  
TUTKIMUSOSASTO  
VUORIMIEHENTIE 5  
02150 ESPOO 15

### ERIKOISTOIMITTAJA

TKT LASSE MATTILA  
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO  
LÖNNROTINKATU 37  
00180 HELSINKI 18

### TOIMITTAJA

FH LAUNO TUURA  
PUH. 90-6172471

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS  
PL 469  
00101 HELSINKI 10

## JOHTOKUNTA

### PUHEENJOHTAJA

DI PAAVO HOLMSTRÖM  
PUH. 339-37211

RAUMA-REPOLA OY, PORIN TEHTAAT  
PL 27  
28101 PORI 10

### JOHTOKUNNAN JÄSEN

DI MATTI KOMSI  
PUH. 90-6160383

IMATRAN VOIMA OY  
EERIKINKATU 27  
00180 HELSINKI 18

### VARAPUHEENJOHTAJA

DI HEIKKI RAUMOLIN  
PUH. 90-523522

TEOLLISUUDEN VOIMA OY  
KUTOJANTIE 8  
02630 ESPOO 63

### JOHTOKUNNAN JÄSEN

TKT LASSE MATTILA  
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB  
LÖNNROTINKATU 37  
00180 HELSINKI 18

### RAHASTONHOITAJA

TKT AITO OJALA  
PUH. 90-448311

INS.TSTO AITO OJALA  
RUNEBERGINKATU 60 B 44  
00260 HELSINKI 26

### JOHTOKUNNAN JÄSEN

TKT ALPO RANTA-MAUNUS  
PUH. 90-6167245

SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOS  
KALEVANKATU 44  
00180 HELSINKI 18

### SIHTEERI

DI SEPPO RUOTSALAINEN  
PUH. 90-523671

TEOLLISUUDEN VOIMA OY  
KUTOJANTIE 8  
02630 ESPOO 63

## TOIMIHENKILÖT

### YLEISSIHTEERI

DI LIISA MÄKI  
PUH. 90-6160510

IMATRAN VOIMA OY  
EERIKINKATU 27  
00180 HELSINKI 18

### EKSKURSIOSIHTEERI

DI KLAUS KILPI  
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB  
LÖNNROTINKATU 37  
00180 HELSINKI 18

### KANS.VÄL.ASIAIN SIHT.

TKT OLLI TIAINEN  
PUH. 90-6172470

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS  
PL 469  
00101 HELSINKI 10

### ATS-INFO PUHEENJOHTAJA

TKT PEKKA HIISMÄKI  
PUH. 90-4566362

VTT/REAKTORILABORATORIO  
OTAKAARI 3 A  
02150 ESPOO 15

LEHDESSÄ JULKAISTUT ARTIKKELIT EDUSTAVAT  
KIRJOITTAJIEN OMIA MIELIPITEITÄ, EIKÄ  
NIIDEN KAIKISSA SUHTEISSA TARVITSE VASTATA  
ATS:N KANTAA.



## YDINKAUKOLÄMPÖLAITOS?

Ydinenergian käyttö kaukolämmön tuotantoon ei ole uusi asia. Tukholman pieni Ägestan ydinkaukolämmitysvoimalaitos toimi jo lähes 20 vuotta sitten. Neuvostoliitossa ydinkaukolämpöä otetaan jo nyt, tosin suhteellisen pieninä tehoina, suurista ydinvoimalaitoksista. Lisäksi Neuvostoliitossa on rakenteilla 500 MW pelkkää kaukolämpöä tuottavia ydinkaukolämpölaityksiköitä. Sveitsissä taas teollisuuden prosessilämpöä tuotetaan suurella Gösgeinin painevesireaktorilaitoksella. Edelleen Saksan liittotasavallassa tutkimusreaktori on otettu lämmitysenergian tuotantoon. Huomaamme, ettei ydinkaukolämmön pitäisi enää olla kovin uusi ja kaukainen ajatus.

Viime aikoina on taas Suomessa julkisuudessakin esiintynyt ydinkaukolämmön taloudellinen edullisuus. Tällöin on erityisesti puhuttu ruotsalaisten yhdessä suomalaisten kanssa kehittämästä SECURE-ydinlämpölaityksesta. Ydinlämpölaityks on edullinen pääkaupunkiseudulla tietyin edellytyksin. Näistä tärkeimmät ovat lyhyt kaukolämmön siirtoetäisyys ja edullinen sähkön hinta. Kaikkiaan ydinkaukolämmityksellä on myös muita etuja, joista mainittakoon lämmöntuotantoon käytettävien polttoaineiden monopolistaminen ja ydinpolttoaineen halpa varmuusvarastointi. Nämä ovat keskeisiä asioita ajateltaessa polttoaineiden saantia kansainvälisen kaupan häiriötilanteissa. Näistä on Suomella jonkinlaista esimakua aivan lähimenneisyydestä. On muistettava, että lämmitysenergian turvaaminen talviaikoina on Suomessa asumisen ehdoton edellytys.

Ydinkaukolämmitys pienipaineisilla ja pienilämpötilaisilla ydinlämpölaitoksilla helpottanee yleisön hyväksymisen saamista. Jo nyt näyttää siltä, että yleinen mielipide hyväksyy laitosratkaisun suuronnettomuusriskin poistuessa. Pienten turvallisuusriskien pitäisi myös näkyä viranomaislupien saamisen helpottumisena.

Ajateltaessa ydinkaukolämmityksen laajaa käyttöä jonkun on myös Länsi-Euroopassa tehtävä aloite konkreettisen projektin puitteissa. Nykyisessä maailman ydinenergian markkinatilanteessa aloittajan on mahdollista pienin taloudellisin riskein päästä taloudellisesti edulliseen energiahuoltoratkaisuun.

Jotta luotaisiin mahdollisuudet ydinenergian käytölle kaukolämmityksen yhteydessä, pitäisi nyt Suomessa ydinlämpölaitosten teknillinen toteutettavuus selvittää ripeästi ja perusteellisesti. Keskeisinä osina tässä ovat sovellettavat suunnitteluperiaatteet ja luvan Hankinnan asettamat vaatimukset. Ydinkaukolämmitys on Suomelle tärkeä, ja mielestäni meillä on velvollisuus tutkia ydinkaukolämmityksen toteutettavuus myös ydinlämpölaitoksia käytettäessä.

Olli J A Tiainen



ATS:N EKSKURSIO UNKARIIN JA ITALIAAN 30.9.-9.10.1982

Suomen Atomiteknillisen Seuran vuoden 1982 varsinainen ulkomaanekskursio suuntautui Unkariin ja Italiaan. Unkarissa tutustuttiin Paksin ydinvoimalaitokseen, jossa on eri rakennusvaiheessa kaikkiaan neljä neuvostoliittolaista VVER-440-reaktorilaitosta. Vastaanotto oli - kuten aina Unkarissa - ylitsevuotavan ystävällinen. Tunsimme olevamme toivottuja vieraita.

Italiassa saatiin selostus maan ydinvoimaohjelmasta, vierailtiin Caorson BWR-laitoksessa, ENEA:n Casaccian tutkimuskeskuksessa ja saman organisaation Eurex-jätteenkäsittelylaitoksessa sekä kolmessa ydinvoimalaitosten laitteita valmistavassa yhtiössä, ANSALDO/Bredalla, Franco Tosilla ja Fiat TTG:llä. Myös Italiassa vastaanotto oli kaikkialla erittäin ystävällinen ja vierailuohjelma hyvin suunniteltu ja se vietiin italialaisten isäntien toimesta läpi tehokkaasti ja täsmällisesti.

Ainakin allekirjoittaneella oli Italiassa yllättävintä ja vaikuttavinta se tehokkuus ja menestyksellisyys, millä valmistava teollisuus on selvinnyt huolimatta Italian kovin hitaasti edistyvän oman ydinvoimaohjelman aiheuttamista vaikeuksista. Ratkaisuna on ollut ennakkoluuloton ja hämmästyttävän menestyksellinen satsaus vientiin. Italian valtion tälle teollisuudelle ilmeisesti antama runsas tukikaan ei hälvennä nykyaikaisten tehokkaasti toimivien ja selvästi kehityksen eturivissä olevien konepajojen ansaitsemaa ihailua. Vaikean markkinatilanteen takia voitiin kaikissa kolmessa valmistajayhtiössä todeta ydinvoimalaitoskomponenttien osalta kapasiteetin vajaakäyttöä, joka on kuitenkin ainakin näihin asti onnistuttu korvaamaan konventionaalisella tuotannolla.

Kokonaisuutena erittäin miellyttävä ja onnistunut ekskursio. Osanottajamäärä jäi - ilmeisesti ATS:n kuluvana vuonna järjestämien monien ryhmämatkojen takia - vain runsaaseen tusinaan. Matkan järjestelyistä ja häiriöttömästä kulusta vastasi tunnetulla taidollaan Seuran ekskursios sihteeri Klaus Kilpi.

12.10.1982

Paavo Holmström

YDINENERGIAN TUTKIMUKSEN VALTION BUDJETTIRAOITUKSEN ALAMÄKI  
JATKUU MYÖS VUONNA 1983

Valtion v. 1983 tulo- ja menoarvioesityksessä ehdotetaan ydinenergia-alan tutkimus-, suunnittelu- ja valvontamenoihin vain 11 Mmk, kun kuluvan vuoden määrärahat ovat 11,9 Mmk ja vuoden 1981 rahoitus oli 12,2 Mmk. Energiahuollon tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatoiminnan määrärahojen kehitys on kokonaisuudessaankin heikko, sillä ne nousivat kuluvan vuoden 55 Mmk:sta vain 57,25 Mmk:aan. Seuraavassa ensi vuoden tulo- ja menoarvioesityksen ko. kohdan (32.55.21) perustelut sekä käyttösuunnitelma. Vertailun vuoksi mukana on myös kuluvan vuoden käyttösuunnitelma.

Momentille ehdotetaan lisäystä 2 400 000 mk kustannusten nousun johdosta. Kun momentilta vähennetään 150 000 mk siirtona momentille 32.01.29 atk-menoina, lisäys on 2 250 000 mk. Momentin määrärahaa saadaan käyttää ulkopuolisilta tilattaviin energiataloudellisiin tutkimuksiin ja energiatalouden suunnittelua palveleviin selvityksiin sekä ydinenergiaa koskevaan tutkimus-, selvitys- ja valvontatyöhön. Erityistä huomiota kiinnitetään tavoitteellisten ja pitkäjänteisten tutkimuskokonaisuuksien toteuttamiseen sekä energiahuollon ympäristö- ja turvallisuuskysymysten selvittämiseen. Suurten tutkimuskokonaisuuksien jatkuvan ja tehokkaan valvonnan toteuttamiseksi

ehdotetaan, että määrärahasta saadaan käyttää enintään 550 000 mk enintään kuuden määräaikaisen työsopimussuhteisen projektivalvojan palkkaamiseen. Momentin määrärahasta saadaan maksaa tutkimusprojektien kustannuksiin sisältyviä yleiskuluja, henkilöstökuluja, tutkimukselle välttämättömiä laitteistoja, matkoja, vieraita palveluja sekä projektiokohtaisen julkistamiseen ja tiedottamiseen liittyviä kuluja. Momentin määrärahasta saadaan maksaa myös tutkimusprojektien välttämättömästi edellyttämien tutkimushenkilöstön ulkomaanmatkojen kustannukset sekä kansainvälisiin tutkimuksiin ja selvityksiin osallistumisesta aiheutuvia menoja.

| Käyttösuunnitelma:  | 1982       | mk       |
|---|------------|----------|
| Energiansäästö tutkimus .....   | 21 000 000 |          |
| Kotimaisten energialähteiden tutkimus ..  | 17 000 000 |          |
| Muun energiatalouden tutkimus .....   | 2 000 000  |          |
| Energiatalouden suunnitteluun liittyvät valtakunnalliset selvitykset .....  | 1 100 000  |          |
| Energiatalouden suunnitteluun liittyvät alueelliset ja kunnalliset selvitykset ..                                   | 1 000 000  |          |
| Ydinenergian perustutkimukset ja erityissovellukset .....   | 1 100 000  |          |
| Ydinvoimalaitosten turvallisuus- ja ympäristöanalyysit .....  | 2 800 000  |          |
| Ydinvoimalaitosten reaktori- ja polttoaineteknilliset tutkimukset .....   | 3 500 000  | 11,9 Mmk |
| Polttoainekierto ja ydinjätehuoltoon liittyvät selvitykset .....  | 3 000 000  |          |
| Kotimaisten tuollisuuden ydinenergia-alan tutkimus, kehitys- ja suunnittelutoiminnan edistäminen .....              | 1 500 000  |          |
| Aik- ja tilastopalvelut .....   | 200 000    |          |
| Energiahuollon tutkimus, suunnittelu- ja valvontatoimintaan liittyvät matkat (ulkomaanmatkat enintään 200 000) .... | 400 000    |          |
| Muut energiahuollon tutkimus, suunnittelu- ja valvontatoiminnan menot .....   | 400 000    |          |
| Yhteensä  | 55 000 000 |          |
| 1982 esitys .....   | 55 000 000 |          |
| 1981 menoarvio .....  | 50 000 000 |          |
| 1980 tilinpäätös .....  | 41 000 000 |          |

| Käyttösuunnitelma:  | 1983       | mk |
|---|------------|----|
| Energiansäästö tutkimus .....   | 22 000 000 |    |
| Kotimaisten energialähteiden tutkimus ..  | 18 000 000 |    |
| Muun energiatalouden sekä ympäristövalkutusten tutkimus .....                   | 3 000 000  |    |
| Energiatalouden suunnitteluun liittyvät selvitykset .....                       | 2 200 000  |    |
| Ydinenergia-alan tutkimus, suunnittelu ja valvonta .....                        | 11 000 000 |    |
| Energiahuollon tutkimus, suunnittelu- ja valvontatoimintaan liittyvät matkat .. | 500 000    |    |
| Muut energiahuollon tutkimus, suunnittelu- ja valvontatoiminnan menot .....     | 550 000    |    |
| Yhteensä  | 57 250 000 |    |
| 1983 esitys .....   | 57 250 000 |    |
| 1982 menoarvio .....  | 55 000 000 |    |
| 1981 tilinpäätös .....  | 50 000 000 |    |



## IVO-MINENERGO YHTEISTYÖSOPIMUS

IVOn ja NL:n energiatalouden ja sähköistyksen ministeriön (Minenergo) välillä on tehty sopimus tieteellis-teknisestä yhteistyöstä Loviisa-tyyppisten ydinvoimalaitosten käytön alueella. Yhteistyön muotoja ovat

- tieteellis-teknisen informaation vaihto,
- delegatioiden ja yksittäisten asiantuntijoiden vaihto sopimuksen mukaisten töiden suorittamiseksi ja
- seminaarien järjestäminen ydinvoimalaitosten käyttötason parantamiseen suunnatuista erilliskysymyksistä.

Sopimuksen liitteeksi laaditaan vuosittain kahdeksi vuodeksi eteenpäin yhteistyöohjelma, jossa luetellaan konkreettiset yhteistyöaiheet, työmuodot, osallistuvat organisaatiot ja aikataulu.

Sopimus on samantyyppinen kuin KTM:n ja NL:n atomienergian valtionkomitean (GKAE) välillä oleva sopimus. Nyt tehty sopimus painottuu kaupallisessa käytössä olevien laitosten käyttöön ja siitä saatuihin kokemuksiin, GKAE-sopimus lähinnä uusiin ja suunnitteilla oleviin laitoksiin sekä ydinpolttoaineeseen.

Sopimuksen puitteissa on muillakin suomalaisilla organisaatioilla mahdollisuus osallistua molempia osapuolia kiinnostaviin yhteistyöhankkeisiin. Esim. VTT on vuosille 1982...83 laaditussa ohjelmassa toisena osapuolena turvallisuusanalyysiin ja mahdolliseen VVER-koelaitteistoon liittyvissä hankkeissa.

Koska yhteistyö valtaosaltaan liittyy käynnissä oleviin laitoksiin ja käyttökokemusten vaihtoon on mahdollisimman suorien tiedonsiirtokanavien aikaansaamiseksi suomalaisena sopijapuolena IVO eikä esim. KTM, kuten sopimuksen valmistelun alkuvaiheessa kaavailtiin. Minenergo-yhteistyön koordinoinnista Imatran Voima Oy:ssä huolehtii Hannu Kaikkonen.

Yhteistyösopimus ja -ohjelma vuosille 1982...83 allekirjoitettiin Moskovassa 18.5.1982.



Paris, 20th July, 1982

NUCLEAR ENERGY PROSPECTS TO THE YEAR 2000  
CALLS FOR ACCELERATED CONSTRUCTION OF NUCLEAR REACTORS

The industrial nations will face a serious energy supply situation by the late 1990s if they do not increase the rate of construction and licensing of nuclear reactors, according to a study released today.

Failure to increase the contribution made by nuclear-generated electricity will put severe pressure on other energy sources and will undercut efforts to reduce dependence on imported oil, which has been a major objective of the industrialised countries in recent years.

The report, "Nuclear Energy Prospects to 2000", was prepared jointly by the OECD Nuclear Energy Agency (NEA), and the International Energy Agency (IEA). Future trends and the potential growth of electricity use in the OECD countries are described in the report as well as future energy demand and supply.

Based on these trends, the report assesses the potential amount of oil-fired electricity capacity to be displaced by non-oil energy sources, particularly nuclear power. The report presents the most recent assessment of nuclear power growth to the year 2000 and weighs the impact of the nuclear contribution on the overall energy picture. Other major factors influencing the growth of nuclear power, including public acceptance, are also reviewed.

Electricity demand has slowed considerably in OECD countries since 1973, mainly as a result of the world economic recession and higher energy prices. But in the 1980's, according to the report, electricity demand will grow between 2% and 3% annually and between 3% and 4% annually in the period 1990 - 2000, as more electricity is substituted for oil in the commercial, residential and industrial sectors of OECD economies.

Nuclear and coal contributions will need to be expanded to meet future electricity demand, and the accelerated replacement of oil-fired generating plants, the report says. As the report already assumes a very ambitious coal-fired generating programme, any nuclear shortfall will have to be met either by greater use of oil, or by lower energy supply and reduced economic growth. Both of these alternatives would harm the economies of OECD countries.



The report notes that nuclear construction and supply capacity is more than adequate at present to meet projected demands and there are no technical reasons why nuclear power could not expand much more rapidly.

Nuclear power is the most economical way of generating baseload electricity in most OECD countries, but if it is to play its expected role, governments need to decide on early actions in a number of major policy areas, according to the report.

These areas include demonstration of the availability of radioactive waste management techniques, improvement in the efficiency of regulatory and licensing processes and electricity pricing which adequately cover costs of construction of nuclear facilities.

For the news media, copies of the publication may be obtained from the NEA Public Information office, 38 Boulevard Suchet, 75016, Paris, Cedex 16. Contact Adrian Aylott (Telephone: 524-9667); or the IEA Public Information Office 2 rue André Pascal, 75775, Paris, Cedex 16, (Telephone: 524-9458).

The 129 page, bilingual (English-French) report, is available for sale from the OECD publications office and sales agents around the world. When ordering copies of "NUCLEAR ENERGY PROSPECTS TO 2000", please include the publication number: ISBN 92-64-023 26-7.

oooOooo

NOTE: The Nuclear Energy Agency (NEA) was established in 1958 to further the development of nuclear energy for peaceful purposes. The NEA is composed of 23 OECD countries that, through international co-operation, evaluates the nuclear option and works to solve the safety, regulatory, technical and economic problems involved in bringing nuclear energy on line. The NEA's objectives are to: -- encourage co-operation between governments for optimum development of nuclear energy as a contribution to economic progress; -- assess the future role of nuclear energy and forecast economic and technical requirements of the nuclear fuel cycle; -- encourage harmonisation of governments' regulatory policies and practices, especially in nuclear safety, radiation protection, radioactive waste management and nuclear third-party liability and to promote co-operative R & D projects in these fields.

oooOooo

The growing need for international cooperation in energy led to the establishment of the International Energy Agency (IEA) in 1974. The IEA is a forum for the 21 Participating Countries to coordinate their energy planning. It works: -- to mould a better world energy supply and demand structure, now and for the future; -- to prepare Participating Countries against risk of oil supply disruptions and to share remaining oil supplies in a period of severe supply disruption; -- to develop alternative energy sources and to increase the efficiency of energy use through co-operative research and development programmes; -- to promote co-operative relations with oil-producing nations and other oil consuming countries.

## SUMMARY AND CONCLUSIONS

Installed nuclear capacity in OECD countries has risen from around 17 GWe in 1970 to over 130 GWe at the end of 1981. While this is a considerable achievement, and reflects an increase in the nuclear share of electricity generation from a little over 1% to about 12%, it is less than half the installed capacity expected by energy planners around ten years ago. Only part of the reduction can be explained by lower energy growth. Furthermore, despite the consequences of the 1973-74 OPEC oil embargo and two subsequent Persian Gulf oil supply disruptions that have stimulated public and government interest to reduce oil consumption by conservation and greater development and utilization of alternative energy resources, the prospects for nuclear development over the next twenty years are extremely uncertain and, without further policy action, may continue to slip significantly, thereby increasing pressure on other fuel sources and particularly on oil imports.

OECD countries now project a total nuclear capacity of about 216 GWe in 1985 and 316 GWe in 1990. For the year 2000, the estimates presented in this report lie between 390 and 500 GWe. This wide range reflects the substantial uncertainty about possible nuclear capacity by the turn of the century. Given the lead times involved, the range of nuclear capacity likely to be installed by 1990 is already largely determined, although this is subject to construction and licensing delays or changes in national policies. Unless the rate of installation and licensing of nuclear reactors is improved in the near term, national estimates of installed nuclear capacity by 1990 are unlikely to be achieved and the outcome for the year 2000 will most probably be towards the lower end of the range. This will have a serious impact on the overall energy situation of OECD-countries, particularly in the 1990's.

The predominant factor of future nuclear power development is electricity demand. Electricity demand has slowed considerably since 1973, partly as a consequence of higher energy prices and partly as a result of two recessions, reducing the need for new capacity of any sort. It is expected, however, that electricity demand will continue to grow faster than total energy demand and even slightly more rapidly than Gross Domestic Product (GDP). While OECD-countries are now projecting average annual increases in electricity demand of about 3.6% in the period 1980-1990 (about half that experienced from 1960-73), in the first part of the 1980s the three energy scenarios presented in this report foresee only a 2% to 3% rate of increase, reflecting a continuation of depressed economic activity. However, in the period 1990-2000, all scenarios project an annual electricity growth between 3% and 4%. Electricity, is expected to substitute for oil in the industrial and residential/commercial sectors, and thus increase its share in Total Final Energy Consumption, from 14% in 1980 to 18% by 1990.



Future electricity demand (which will be influenced by renewed economic growth and electrification but also by increased efficiency of energy use) together with accelerated replacement of existing oil-fired generating plants will have to be met by greater nuclear and coal capacity. The share of electricity produced by oil could decline from around 15% to a little over 2% by 2000, while that of nuclear could rise from around 12% to almost 30%. Such development which assumes only the technical minimum of oil generation by the year 2000, would reduce future pressures on oil supply and oil prices. Failure to increase the contribution of nuclear power, particularly during the 1990s would put greater pressure on other parts of the energy system of OECD-countries and increase the risks of reduced oil market flexibility. The scenarios presented in this report already assume high rates of energy productivity growth (1.4% per year, 1980-2000) and a very ambitious coal-fired generation programme (almost a doubling by 2000 from the present level of 410 GW). The risk exists, therefore that a nuclear shortfall would be at least partly compensated by a higher oil use either in the form of electricity or direct use, or by lower energy supply and economic growth. Either alternative would have negative implications for the economies of OECD-countries. OECD-countries' efforts to reduce oil dependence, through changing their generation fuel mix and increasing the use of electricity to provide a better balanced energy system would be jeopardised.

The uranium resource base, levels of enrichment and fuel fabrication capacity, as well as the capacity of the reactor manufacturing and construction industry, are more than adequate to meet requirements well into the future. In fact, there are no technical reasons why nuclear power could not grow much more rapidly than presently forecast if renewed economic growth, continued electrification and penetration of nuclear into non-electric use (e.g. process heat) set the necessary parameters. However, the prolonged stagnation of most national nuclear programmes could endanger the viability of the nuclear industry and so limit its ability to meet future requirements. Given the long lead times from start of exploration to first production of uranium from successful discovery (now in the order of 15 years), fluctuating demand projections can result in instability within the uranium supply industry which could eventually lead to supply difficulties.

There are economic reasons in most OECD-countries why nuclear would be the preferred course to follow when new electrical base load capacity is installed. Nuclear power is invariably much less costly than oil and in many situations is considerably cheaper than coal as a means of producing electricity. Although analysis of safety and environmental effects are uncertain they generally favour nuclear power plants and their associated fuel cycle activities over plants using fossil fuels.

In spite of the technical and economic arguments, perceived lack of public acceptance often appears as the major constraint on the near-term development of nuclear power. There have, however, been wide variations among countries both in the form of public opposition that has taken place and in the degree to which it has affected nuclear projects. The public's confidence is particularly influenced by the issues of reactor safety and of spent fuel and high level radioactive waste management. In particular, nuclear power often elicits public fears of accidents involving substantial radiation release. The fact that experts assess the probability of such accidents to be extremely low given the high standard of safety designed into reactors, and that the effect on the environment of most accidents is likely to be small is often insufficient to allay these fears. In order to ease these concerns, continuing efforts need to be made to ensure the safe operation of existing and planned reactors, and to reduce the risk of further incidents. Similarly, even though there is no urgency from the technical or economic point of view, the availability and adequacy of technologies for the disposal of high level wastes should be demonstrated promptly by Member governments, and solutions should be fully supported by appropriate international co-operation, in order to reduce public and political concerns about radioactive waste management.

The confidence of electricity utility planners in nuclear power has been eroded in some OECD-countries, as is evidenced by increasing cancellations of nuclear power plants and the increasing development of a wait-and-see attitude. In addition to uncertainties about future levels of electricity demand, important factors include high interest rates, higher risks of financial liability than those associated with other generating options, and the increasing complexity of regulatory processes for the construction and operation of nuclear power stations which add to total costs. Total lead times (including pre-construction) for nuclear power stations before full power operation now average 7 to 9 years, compared to only 5 years in the early 1970s. In the United States lead times now average 11 years, reaching in some cases more than 15 years. Here the problem is compounded by the State regulation of electricity tariffs, which is causing utility revenue increases to lag behind cost increases. In those countries, where licensing and regulatory processes are effectively open-ended, steps should be taken to limit the time and reduce the uncertainty of such processes. At the same time safety standards must be maintained and public confidence reassured. Such rationalisation of the licensing and regulatory processes has already been carried out in some countries with economic benefits and no lessening of high safety standards. The removal of regulatory uncertainties is essential to the future implementation of nuclear power through restoring utility confidence.

- - - - -



Table 4

Assessment of OECD Nuclear Power capacity  
(Net - GW Year End 1985, 1990 and 2000)

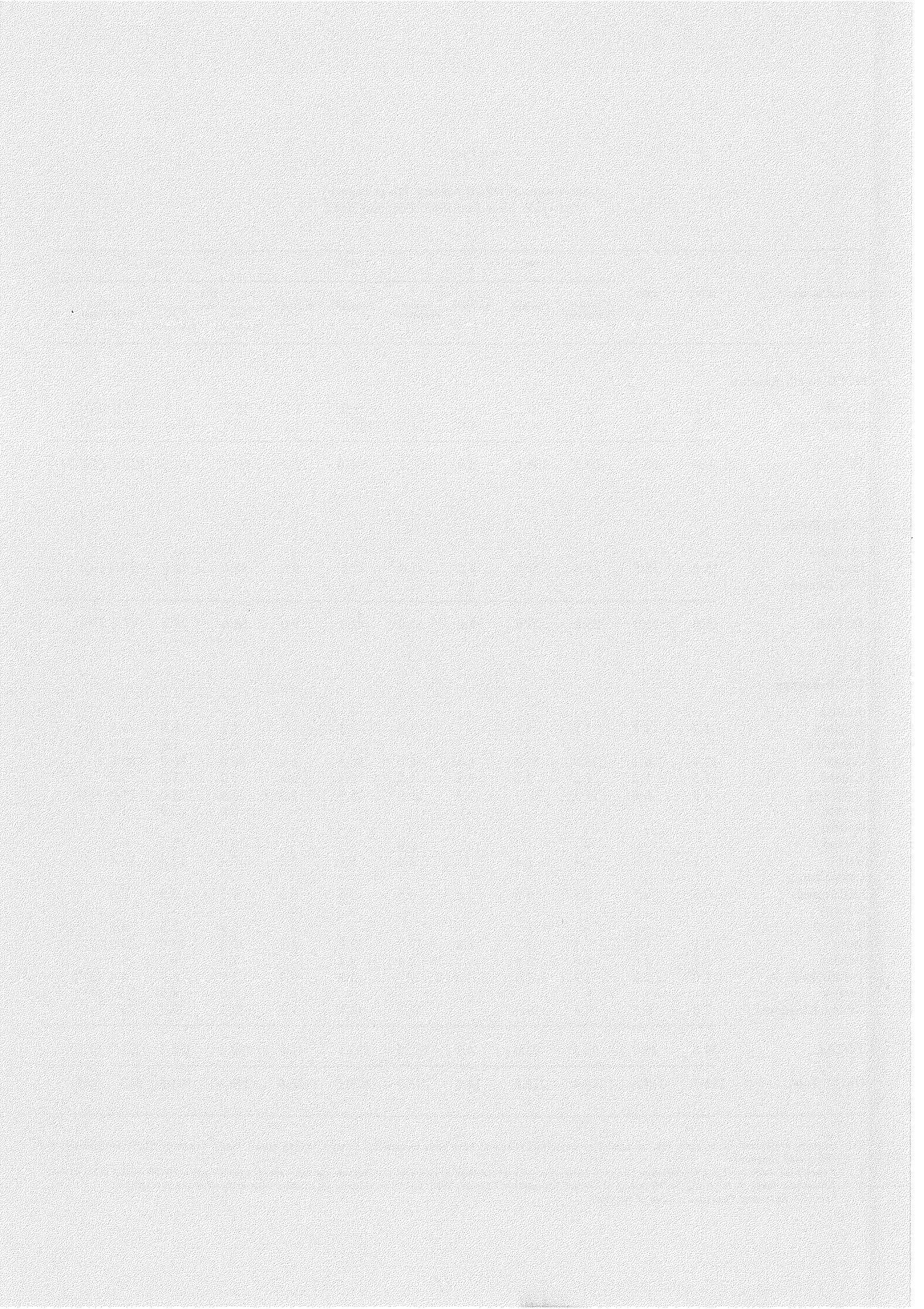
| Region/Country            | 1979         | 1980         | 1985                                |                       |                      | 1990                                |                       |                      | 2000                     |                    | NEA<br>Base Case <sup>3</sup> |
|---------------------------|--------------|--------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                           |              |              | Country<br>Projections <sup>1</sup> | Possible <sup>2</sup> | At Risk <sup>2</sup> | Country<br>Projections <sup>1</sup> | Possible <sup>2</sup> | At Risk <sup>2</sup> | IEA                      |                    |                               |
|                           |              |              |                                     |                       |                      |                                     |                       |                      | Low<br>(Delayed)         | High<br>(Possible) |                               |
| <b>OECD-North America</b> |              |              |                                     |                       |                      |                                     |                       |                      |                          |                    |                               |
| Canada                    | 5.2          | 5.2          | 10.1                                | 10.1                  | -                    | 15.0                                | 15.0                  | 1.7                  | 19.0                     | 24.3               | 19.0 (20.7)                   |
| United States             | 53.2         | 55.0         | 90.0                                | 96.0                  | 6.0                  | 121.0                               | 128.0                 | 11.0                 | 136.0                    | 165.0              | 175.0 (165)                   |
| <b>TOTAL</b>              | <b>58.4</b>  | <b>60.2</b>  | <b>100.1</b>                        | <b>106.1</b>          | <b>6.0</b>           | <b>136.0</b>                        | <b>143.0</b>          | <b>12.7</b>          | <b>155.0</b>             | <b>189.3</b>       | <b>194.0 (185.7)</b>          |
| <b>OECD-Pacific</b>       |              |              |                                     |                       |                      |                                     |                       |                      |                          |                    |                               |
| Australia                 | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | -                                   | -                     | -                    | -                        | -                  | -                             |
| Japan                     | 15.0         | 15.5         | 25.0                                | 25.0                  | 4.0                  | 47.0                                | 47.0                  | 9.0                  | 58.0                     | 78.0               | 97.0 (90)                     |
| New Zealand               | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | -                                   | -                     | -                    | -                        | -                  | -                             |
| <b>TOTAL</b>              | <b>15.0</b>  | <b>15.5</b>  | <b>25.0</b>                         | <b>25.0</b>           | <b>4.0</b>           | <b>47.0</b>                         | <b>47.0</b>           | <b>9.0</b>           | <b>58.0</b>              | <b>78.0</b>        | <b>97.0 (90)</b>              |
| <b>OECD-Europe</b>        |              |              |                                     |                       |                      |                                     |                       |                      |                          |                    |                               |
| Austria                   | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | -                                   | -                     | -                    | -                        | -                  | -                             |
| Belgium                   | 1.7          | 1.7          | 5.5                                 | 5.5                   | -                    | 5.5                                 | 5.5                   | -                    | 5.5                      | 6.8                | 5.5                           |
| Denmark                   | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | -                                   | -                     | -                    | 0.0                      | 1.8                | 0.9 (0)                       |
| France                    | 12.0         | 16.1         | 36.0                                | 36.8                  | n.a.                 | 56.0                                | 56.5                  | n.a.                 | 86.0                     | 86.0               | 86.0                          |
| Finland                   | 1.5          | 1.5          | 2.2                                 | 2.2                   | n.a.                 | 2.2                                 | 2.2                   | n.a.                 | 3.2                      | 3.2                | 3.2                           |
| Germany                   | 8.8          | 8.6          | 17.3                                | 17.3                  | 1.9                  | 25.0                                | 25.0                  | 4.5                  | 30.0                     | 38.0               | 37.6 (35)                     |
| Greece                    | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | -                                   | -                     | -                    | 0.0                      | 3.9                | 3.9                           |
| Iceland                   | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | -                                   | -                     | -                    | -                        | -                  | -                             |
| Ireland                   | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | 0.6                                 | -                     | -                    | 0.0                      | 2.2                | 0.6                           |
| Italy                     | 1.1          | 1.4          | 1.4                                 | 1.4                   | -                    | 5.4                                 | 5.4                   | 2.0                  | 7.4                      | 13.4               | 13.4                          |
| Luxembourg                | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | -                                   | -                     | -                    | -                        | -                  | -                             |
| Netherlands               | 0.5          | 0.5          | 0.5                                 | 0.5                   | 0.5                  | 0.5                                 | 0.5                   | 0.5                  | 0.5                      | 0.5                | 0.5                           |
| Norway                    | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | -                                   | -                     | -                    | -                        | -                  | -                             |
| Portugal                  | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | -                                   | -                     | -                    | 0.0                      | 3.7                | 4.0                           |
| Spain                     | 1.1          | 1.1          | 7.7                                 | 7.7                   | 1.8                  | 12.7                                | 12.7                  | 4.8                  | 15.6                     | 19.0               | 22.0                          |
| Sweden                    | 3.7          | 4.6          | 8.4                                 | 8.4                   | -                    | 9.4                                 | 9.4                   | -                    | 7.0                      | 9.0                | 8.4                           |
| Switzerland               | 1.9          | 1.9          | 2.9                                 | 2.9                   | -                    | 2.9                                 | 3.8                   | 0.9                  | 2.9                      | 4.9                | 4.8 (3.9)                     |
| Turkey                    | -            | -            | -                                   | -                     | -                    | -                                   | -                     | -                    | 0.0                      | 4.5                | 7.5 (4)                       |
| United Kingdom            | 7.0          | 6.5          | 9.4                                 | 10.3                  | -                    | 12.3                                | 14.1                  | 1.2                  | 22.7                     | 39.3               | 22.7                          |
| <b>TOTAL</b>              | <b>39.3</b>  | <b>43.9</b>  | <b>91.3</b>                         | <b>93.0</b>           | <b>4.2</b>           | <b>132.5</b>                        | <b>135.1</b>          | <b>13.9</b>          | <b>180.6</b>             | <b>236.2</b>       | <b>221.7 (213)</b>            |
| <b>OECD Total</b>         | <b>112.7</b> | <b>119.0</b> | <b>216.4</b>                        | <b>225.0</b>          | <b>14.2</b>          | <b>315.5</b>                        | <b>325.1</b>          | <b>35.6</b>          | <b>393.6<sup>4</sup></b> | <b>503.5</b>       | <b>513 (489)</b>              |

1. Country Projections as of early 1982 compared to end 1980 projections have been reduced for Canada, United States, Japan, Germany, Italy, Switzerland, and the United Kingdom.

2. Assessment made by IEA's Nuclear Sub Group in November 1981 on the basis of end 1980 projections: « at risk » means capacity not available at this point of time.

3. Assessment made by NEA for the Workshop of Nuclear Prospects in February 1982; figures in brackets are modifications made after the Workshop.

4. The IEA Reference Case uses a value of 460 GWe.





L. Mattila

## SAKSALAIS-SUOMALAINEN REAKTORITURVALLISUUSSEMINAARI

VTT järjesti Otaniemessä 29.-30.9.1982 toisen länsisaksalais-suomalaisen reaktoriturvallisuusseminaarin. Edellisestä oli kulunut lähes päivälleen viisi vuotta.

Seminaarin pääteemoiksi oli nyt valittu ydinvoimalaitosten käytön aikainen turvallisuus ja kaikkein pahimpien kuviteltavissa olevien reaktorionnettomuuksien seuraukset uusimman tietämyksen mukaan. Ohessa on kopio seminaarin ohjelmasta.

Käytön turvallisuus -teema oli erityisen sopiva siksi, että sillä alueella myös pienellä maalla kuten Suomella voi olla sellaista omakohtaista tietämystä, että annettavaa löytyy kansainväliselläkin tasolla. Suomalaiset esitykset käsittelivät mm. VTT:n metalli- ja ydinvoimatekniikan laboratorioissa tehtävää ydinvoimalaitosmateriaalien ja rakenteiden tutkimusta sekä ydinvoimalaitosten henkilöstön koulutusta ja valvomotoimintojen kehittämistä koskevaa tutkimusta, jota tehdään lähinnä VTT:n sähkötekniikan laboratoriossa mm. pohjoismaisena yhteistyönä sekä Loviisan koulutussimulaattoria hyväksi käyttäen.

Materiaali- ja rakennetutkimusten alueella todettiin, että saksalaisten suuren mittakaavan kokeet HDR-laitoksella ja Suomessa tehtävä lähinnä ilmiöiden perusmekanismeja, kuten murtumismekaniikkaa, syväliisesti selvittävä tutkimus täydentävät erinomaisesti toisiaan. Konkreettinen yhteistyö onkin jo alkanut siten, että metallilaboratorion tutkija työskentelee parhaillaan Saksassa MPA-Stuttgartissa.

Vakavimpien reaktorionnettomuuksien tutkimus on Länsi-Saksassa monelta osin maailman kärjessä. Suorastaan uutisarvon ansaitsevaksi voidaan määritellä viimeisimmät saksalaisen

tutkimuksen tulokset, joiden mukaan kaikkein vakavimpien reaktori-onnettomuuksien seuraukset ovat ratkaisevasti pienemmät kuin 1970-luvun puolivälissä valmistuneet, laajasti julkisuudessaakin käsitellyt amerikkalaiset (Rasmussen) ja saksalaiset (Birkhofer) riskiselvitykset arvioivat. Lähes vuosikymmenen kestäneen tutkimuksen avulla on tietämyksen taso nyt niin paljon parempi, että uusien arvioiden mukaan ainakaan saksalaistyyppisellä ydinvoimalaitoksella tapahtuva pahin mahdollinen reaktorisydämen sulamiseen asti johtava onnettomuus ei aiheuta lainkaan välittömiä uhreja. Näin ollen ei voida enää missään tapauksessa puhua katastrofista. Ohessa on kopio ATS-Infon seminaarin yhteydessä tästä aiheesta järjestämän lehdistötilaisuuden tiedotteesta.

Seminaariin osallistui 11 saksalaista, jotka edustivat saksalaisia reaktoriturvallisuusviranomaisia, tutkimuslaitoksia ja KWU:ta. Suomesta paikalla oli keskimäärin lähes 50 henkeä.

Seminaarista julkaistaan VTT:n toimesta seminaariraportti. Jo seminaarin yhteydessä saatiin useista esityksistä lopullinen tai alustava kirjallinen versio. Näitä voi kysellä K. Kilveltä, VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio, puh. 648931.



27.9.1982

PROGRAM

SECOND GERMAN-FINNISH SEMINAR ON NUCLEAR SAFETY, ESPOO, FINLAND  
ON SEPTEMBER 29 - 30, 1982

Wednesday, September 29

Time:

1. Opening Session

- 9.00 - Introductory words from Finnish and German sides  
(Mr. I. Mäkipentti, KIM and Dr. Wiendieck, KfK)
- 9.15 - Opening address: Nuclear Energy Research in Finland  
(Prof. P. Silvennoinen, VTT)
- 9.45 - Overall review: LWR Safety Research in the Federal Republic  
of Germany - Policy and Philosophy (Dr. Leven,  
GRS)
- 10.30 - Coffee break

2. Design Basis Accident Studies (LOCA)

- 10.50 - Thermohydraulics (Mr. Teschendorf, GRS)
- 11.20 - Behaviour of Components - Results of HDR-Tests  
(Dr. Katzenmeier, KEK)
- 12.00 - Lunch
- 13.15 - Fuel Behaviour (Mr. Fiege, KfK)
- 13.45 - Finnish Studies on LOCA and Transients (brief presentation  
only) (Dr. L. Mattila, VTT)  
Discussion

3. Severe Nuclear Power Plant Accidents

- 14.10 - Degraded Core Problematics  
(Dr. Rininsland/Mr. Fiege, KfK)
- 14.55 - Coffee break
- 15.15 - Containment Behaviour - Core Meltdown (Dr. Rininsland, KfK)
- 16.00... - Finnish Activities in the field of Severe Accidents  
16.30 (brief presentation only) (Dr. L. Mattila, VTT)  
Discussion

Thursday, September 30

Time:

4. Fracture Mechanics and Inspection Techniques

- 8.15 - Thermal Shock Tests on RPV-nozzles with FM-calculations  
(Dr. Janski, MPA)
- 8.45 - Nondestructive Measurements (Dr. Deuster, IZfP)
- 9.15 - RPV-Stresses under Operating and Accident Conditions  
(Dr. Janski, MPA)
- 9.45 - Finnish Studies in Fracture Mechanics and Inspection  
Techniques (Dr. K. Törrönen, VTT)
- 10.10 - Discussion
- 10.25 - Coffee break

5. Operational Safety in Nuclear Power Plants

- 10.45 - Operation related Nuclear Safety Requirements in Finland  
(Mr. J. Laaksonen, IRP)
- 11.10 - Operation related Nuclear Safety Requirements in the Federal  
Republic of Germany (Dr. Weidlich, GRS)
- 11.40 - Use of Reliability Analyses in the Reassessment of Technical  
Specifications - Allowable Repair Down-time and Optimum Test  
Frequency of Safety Systems (Mr. T. Mankamo, VTT)
- 11.50 - Nuclear Power Plant Automation and Simulation Research in  
Finland (Mr. B. Wahlström, VTT)
- 12.15 - Lunch
- 13.30 - Training and Personnel, Man-machine Interface, Simulators  
(Mr. Martin, KWU)

- 14.15 - Discussion

6. Closing session

- 14.30 - Present PWR Design (Mr. Meyer, KWU)
- 15.30... - Closing remarks (Prof. V. Palva, VTT and Dr. Wiendieck, KfK)  
15.45

LEHDISTÖTIEDOTE

ATS-INFO 28.9.82

YDINVOIMALAITOSONNETTOMUUKSIEN SEURAUKSET OVAT UUSIMPIEN  
LÄNSI-SAKSALAISTEN TUTKIMUSTULOSTEN MUKAAN AIEMMIN ARVIOITUA  
OLEELLISESTI PIENEMMÄT

Sähköntuotanto ydinenergiaa hyväksi käyttäen edellyttää ydinvoimalaitoksilta korkeaa turvallisuutta ja käytön luotettavuutta. Ydinvoimalaitosten normaalista käytöstä, mahdollisesti arvioiduista onnettomuustilanteista, ydinpolttoainekierron eri vaiheista ja ydinjätteistä ei saa aiheutua haitallisia terveysvaikutuksia. Ydinvoimalaitosten huolellisella suunnittelulla ja käytöllä onkin päästy siihen, että ydinenergian tuotannosta aiheutuva radioaktiivisen säteilyn liisäys on vain pieni murto-osa luonnollisesta taustasäteilystä.

Ydinvoimalaitosten turvallisuuteen pyritään ennen kaikkea ennalta ehkäisevin toimenpitein kuten erityisen huolellisella suunnittelulla ja valmistuksella sekä käyttöhenkilöstön perusteellisella koulutuksella. Teknillisiin vaurioihin ja inhimillisiin erehdyksiin on kuitenkin varauduttava, ja tätä varten ydinvoimalaitoksilla on useita toisistaan riippumattomia suojaus- ja turvajärjestelmiä, joiden avulla onnettomuuksien seuraukset pyritään rajoittamaan.

Yhdysvalloissa Three Mile Islandin ydinvoimalaitoksella v. 1979 tapahtunut onnettomuus oli teknillisessä mielessä pahempi kuin mihin suunnittelussa oli varauduttu. Toisaalta se osoitti moninkertaisen varmistamisen periaatteen toimivan käytännössä, sillä onnettomuuden ympäristövaikutukset jäivät merkityksettömiksi. Joka tapauksessa tämän onnettomuuden jälkeen on entistä useammin kysytty, millaiset voivat pahimman mahdollisen ydinvoimalaitosonnettomuuden seuraukset olla.



Kaikkein vakavimmissa, äärimmäisen epätodennäköisissä ydinvoimalaitosonnettomuuksissa oletetaan reaktorisydämen sulavan kaikkien turvajärjestelmien vikaantumisen seurauksena. Tällöin viimeisenä esteenä radioaktiivisten päästöjen vapautumiselle ympäristöön toimii reaktorin suojarakennus. Niin kauan kuin suojarakennus on ehjä, ei pahimmistakaan oletuksen perusteella tapahtuvista onnettomuuksista aiheudu merkittäviä ympäristövaikutuksia. Vasta suojarakennuksen rikkoonnuttua radioaktiiviset päästöt tulevat aiheuttamaan havaittavia ympäristövaikutuksia. Siksi on tärkeää selvittää, miten tällainen suojarakennuksen rikkoontumiseen johtava onnettomuus saattaisi syntyä ja kehittyä. Olennaista on tuntea onnettomuuden ajallinen kulku, erityisesti kuinka paljon myöhemmin suojarakennus rikkoontuu siitä ajanhetkestä, jolloin radioaktiiviset fissiotuotteet vapautuvat vaurioituneesta reaktorisydäimestä suojarakennukseen. Mitä pitempään radioaktiiviset fissiotuotteet pysyvät suojarakennuksen sisällä sitä vaarattomammiksi ne tulevat. Syinä tähän on mm. lyhytikäisten fissiotuotteiden hajoaminen vaarattomiksi, suojarakennuksen ilmassa leijuvien aerosolihiukkasten liittyminen yhteen suuremmiksi ja siten nopeammin alas putoaviksi hiukkasiksi, ilmassa olevien aineiden vähittäinen sekoittuminen suojarakennuksen pohjalla olevaan hätäjähdytysveteen sekä fissiotuotteiden tarttumisen suojarakennuksen pintoihin jne. Jos suojarakennus lopulta pettää, ympäristöön vapautuu lähinnä suojarakennuksen ilmatilassa sillä hetkellä vapaana olevia radioaktiivisia aineita.

Vakavien sydämen vaurioitumisonnettomuuksien tutkimusta on maailmalla toistaiseksi suoritettu suhteellisen vähän johtuen onnettomuuden pienestä esiintymistodennäköisyydestä. Tutkimusta on lähinnä suoritettu suurimmissa ydinvoimavaltioissa, erityisesti Saksan liittotasavallassa ja USA:ssa. Saksalaisessa ydinvoimalaitosten riskitutkimuksessa vuodelta 1979 on arvioitu sydämen sulamisonnettomuuden ympäristövaikutuksia. Laskelmat perustuivat olettamukseen, jonka mukaan radioaktiiviset fissiotuotteet vapautuivat ympäristöön muutaman tunnin ... 1 vuorokauden kuluessa onnettomuuden alkuhetkestä. Tulokset osoittivat huomattavia ympäristöseurauksia.

Karlsruhen ydintutkimuskeskuksessa (KfK) suoritetaan muun tutkimuksen ohessa vakavimpien onnettomuustilanteiden tunte-  
musta syventävää tutkimusta. Uusimmat tulokset osoittavat, ettei suojarakennus rikkoonnu yhtä nopeasti kuin aiemmin on oletettu. Ajateltavissa olevissa onnettomuusketjuissa reaktorin suojarakennus rikkoontuu ylipaineesta todennäköisimmin noin 5 vuorokauden kuluttua onnettomuuden synnystä. Tänä aikana on fissiotuotteiden hajoamisen, aerosolihiukkasten

erottumisen ja allasveteen sekoittumisen sekä fissiotuotteiden suojarakennuksen seinämiin ja komponentteihin tarttumisen vuoksi vapautuvien radioaktiivisten fissiotuotteiden määrä pienentynyt useilla kertaluvuilla murto-osaan alkuperäisestä. Hiukkaspäästöt ovat vuoden 1979 saksalaista riskitutkimusta 1 000 kertaa ja erityisen haitalliset jodipäästöt 100 000 kertaa pienemmät. Tästä seuraa edelleen, ettei onnettomuuden seurauksena ole yhtään välitöntä kuolemantapausta. Säteilyn myöhäisvaikutuksina aiheutuvat kuolemaan johtavat syöpätapaukset vähenevät vastaavasti noin neljästä sadasta kahteen.

Tehdyissä tutkimuksissa on myös otettu huomioon mahdollisuus, että radioaktiivisia päästöjä kuitenkin vapautuu ympäristöön jo lyhyen ajan kuluessa onnettomuuden synnystä. Tällöin on oletettu, etteivät suojarakennuksen ilmastointisulut toimi suunnitellusti. Tällaisessakin onnettomuudessa vapautuvat radioaktiiviset päästöt ovat uusien tietojen mukaisesti 50...100 kertaa pienemmät kuin vuoden 1979 saksalaisessa riskitutkimuksessa. Päästöjen pienentymiseen vaikuttaa uusimpien kokeellisesti todistettujen fysikaalis-kemiallisten ilmiöiden realistinen huomioon ottaminen fissiotuotteiden erottumisen määrittämisessä. Päästöjen pienentymisen seurauksena onnettomuudesta ei tässäkään tapauksessa seuraa kuolemaan johtavia varhaisvaikutuksia. Arvio myöhemmin ilmenevistä syöpätapausten määrästä väheni n. 20 000:sta n. 2 500:aan. Tutkimuksessa on edelleen tehty joitakin osin hyvin pessimistisiä olettamuksia, minkä vuoksi seurausvaikutukset tulisivat todellisessa onnettomuudessa todennäköisimmin olemaan vielä esitettyä pienempiä.

Jo saavutettujen tutkimusten perusteella KfK uskoo, että tulevina vuosina suunnitellut ja toteutettavat sydämen sulamisonnettomuuden teoreettiset ja kokeelliset tutkimukset tulevat osoittamaan, ettei sydämen sulamisonnettomuudella tule olemaan vakavia ympäristöseurauksia. Saksalaisten ja suomalaisten ydinvoimalaitosten laitoskonstruktioit sekä laitosten ympäristön väestöolot eroavat kuitenkin paikoin huomattavastikin toisistaan, joten saksalaisia tuloksia ei voida sellaisenaan soveltaa Suomen oloihin. Koska todettu seurausvaikutusten pieneneminen perustuu fysikaalisten ja kemiallisten ilmiöiden parempaan ymmärtämiseen, saksalaiset uudet tulokset ovat kuitenkin yleispäteviä suuntaa antavina. Suomessa on jo nyt hyvät keinot arvioida eri väestötiheyden ja ympäristöolosuhteiden merkitystä seurausvaikutuksiin. Alan tutkimusta Suomessa suorittava VTT käy parhaillaan neuvotte-luja osallistumisesta kansainvälisiin yhteistutkimuksiin, joista saatavalla tiedolla ja laskentavälineillä kyettäisiin suorittamaan realistisia omakohtaisia tarkasteluja.



## Motor Columbuksen hiili- ja ydinvoimalaitosten kustannusvertailu

Kaikki ATS:n jäsenet tietävät varmasti, että seuraavaa suurvoimalaitosta koskeva päätös on tehtävä lähiaikoina ja että kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosastolla on merkittävä asema tämän päätöksen valmisteluissa. Kauppa- ja teollisuusministeriön toimeksiannosta ovat kivihiili-, turve- ja ydinvoimalaitosten kustannuksia ja muita päätökseen vaikuttavia piirteitä selvittäneet mm. Ekono ja VTT. Näitä Suomessa tehtyjä selvityksiä täydentämään on KTM nyt hankkinut kivihii- li- ja ydinvoimalaitoksia koskevan vertailututkimuksen myös sveitsiläiseltä Motor Columbus-insinööritoimistolta, joka on kansainvälisesti tunnettu ja arvostettu erityisesti ydinvoima- laitosprojekteistaan, mutta on työskennellyt myös hiilivoima- laitosprojektien parissa.

Tutkimus on tehty syyskuun 1981 ja maaliskuun 1982 välisenä aikana. Esitettävät hintatiedot on annettu kesäkuun 1981 hintatasossa. Laskuissa käytetty reaalikorkokanta on 5 % ja pääomakustannukset perustuvat 20 vuoden kuoletusaikaan.

Motor Columbuksen tutkimus täydentää aikaisempia KTM:n tilaa- mia ja voimayhtiöiden tekemiä selvityksiä sekä tekijänsä ko- kemuksen että käytetyn lähdeaineiston suhteen. Käytetyt kus- tannustiedot perustuvat lähinnä yhdysvaltalaisiin, länsi-sak- salaisiin ja sveitsiläisiin lähteisiin. Ne on luonnollisesti muutettu vastaamaan Suomen olosuhteita. Motor Columbus on tehnyt vastaavia selvityksiä useille eri maille. (Sveitsi, Es- panja, Portugali ja Norja) ja näihin selvityksiin kerätyt tie- dot ovat luonnollisesti olleet avuksi Suomea koskevaa vertailua tehtäessä.

Raportissa esitetään 1 000 MW ydinvoimalaitoksen ja 2 x 500 MW hiilivoimalaitoksen rakennuskustannukset, polttoainekustannukset, käyttö- ja ylläpitokustannukset sekä kokonaistuotantokustannukset. Myös yksikkökoon vaikutusta näihin kustannuksiin on tarkasteltu.

Raportti käsittelee lisäksi tuhkan käsittelyn ja radioaktiivisen jätteen loppusijoituksen kustannuksia, varakapasiteettikustannuksia ja muita tekijöitä, kuten: käytettävyys, polttoainehuollon varmuus, ympäristövaikutukset ym. Kaikkia näitä tekijöitä ei voida ilmaista selvästi rahassa, mutta niiden huomioon ottaminen päätöksenteossa on siitä huolimatta tärkeitä.

Tutkimuksessa on laskettu ja esitetty ensisijaisesti yhden "perustapauksen" kustannukset, mutta niiden lisäksi on suoritettu herkkyystarkasteluja tärkeimpien parametrien suhteen. Seuraavassa taulukossa on esitetty tärkeimpien parametrien arvot sekä perustapaukselle että herkkyystarkastelulle.

| PARAMETRI                    | YDINVOIMALAITOS |                    | HIILIVOIMALAITOS |                    |
|------------------------------|-----------------|--------------------|------------------|--------------------|
|                              | Perustapaus     | Herkkyystarkastelu | Perustapaus      | Herkkyystarkastelu |
| Nettoteho (MW)               | 1,000           | 700 -<br>1,300     | 2x500            | 2x300 -<br>2x700   |
| Rakennusaika (vuosia)        | 8               | 6 - 8              | 5                | 3.5 - 5            |
| Reaalikorko (%)              | 5               | 2 - 10             | 5                | 2 - 10             |
| Elinikä (vuosia)             | 20              | -                  | 20               | -                  |
| Huipputehon käyttöaika (h/a) | 6,000-<br>7,000 | 4,000-<br>7,000    | 6,000-<br>7,000  | 4,000-<br>7,000    |



Myös investointi- ja polttoainekustannusten suhteen on suoritettu herkkyystarkasteluja.

#### Rakentamiskustannukset

1 000 MW ydinvoimalaitoksen kustannuksiksi on arvioitu 6 100 milj. mk, mikä sisältää rakentamiskustannukset ja rakennusaikaiset korot, mutta ei ensimmäistä ydinpolttolaitosta. 2 x 500 MW hiilivoimalaitoksen kustannukset ovat 3 140 milj. mk.

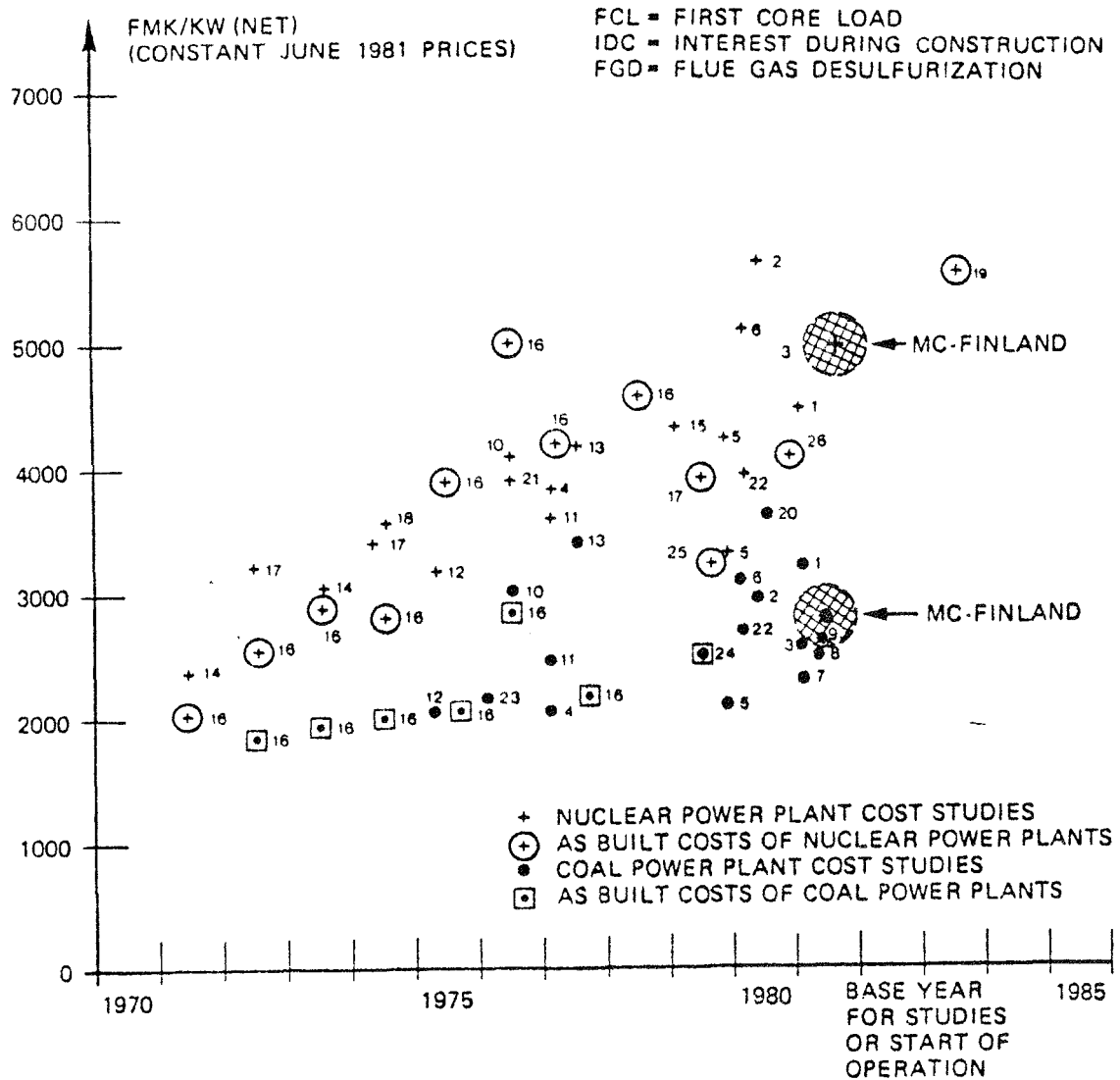
Kuvassa 1 on esitetty joukko toteutuneita ja arvioituja voimalaitosten rakennuskustannuksia ilman rakennusaikaisia korja- ja ilman rikinpoistolaitteita hiilivoimalaitoksella. Motor Columbuksen Suomen olosuhteita koskeva arvio eri suuristen voimalaitosten rakentamiskustannuksista on kuvassa 2.

Mahdollisten rikinpoistolaitteiden vaikutus hiilivoimalaitoksen rakentamiskustannuksiin on 10 - 15 % ja saatavan sähköntehon oletetun lisäksi 3 %. Lisäkustannus sähkölle olisi täten 6 - 7 %.

Ydinpolttolaitosten kustannukset ovat 3,3 - 3,4 p/kWh. Tämä on 26 - 29 % sähköntuotannon kokonaiskustannuksista 11,4 - 12,7 p/kWh, kun käyttöaika on 6 000 - 7 000 h/a. Ydinpolttolaitosten kustannukset sisältävät kaikki polttoaineeseen liittyvät kustannukset mukaan lukien käytetyn polttoaineen varastoinnin ja loppusijoituksen.

KUVA 1.

CONSTRUCTION COSTS OF NUCLEAR AND COAL FIRED POWER PLANTS  
(IDC, FCL AND FGD COSTS NOT INCLUDED)



- 1) MC SPAIN 1981 (2x1000/3x700)
- 2) VSE 1980 (FGD INCL.) (1x940/3x300) /3.1/
- 3) UNI KÖLN 1981 (80% FGD INCL.) (1255/2x675) /3.2/
- 4) BATTELLE 1979 (1228/2x670) /3.3/
- 5) EKONO 1980 (1000/2x500) /3.4/
- 6) GILBERT-COMMONWEALTH 1980 (1240/630) /3.5/
- 7) MAN (3x700)
- 8) KWU-ERLANGEN (3x700)
- 9) BBC-MANNHEIM (3x700)
- 10) NUREG 1979 /3.6/
- 11) UNI KÖLN 1978 (INCL.50% FGD) (1250/670) (IDC INCL.) /3.7/
- 12) KWU 1976 (1230/2x650)
- 13) DATA RESOURCES INC 1980 /3.8/

- 14) WASH 1974 /3.9/
- 15) MC-STUDY (PORTUGAL) 1979
- 16) MAJOR US LWR AND COAL PLANTS /3.10/
- 17) GÖSGEN (920) (SWITZERLAND)
- 18) LEIBSTADT (940) COST ESTIMATE 1974 (CH)
- 19) LEIBSTADT (940) COST ESTIMATE 1981 (CH)
- 20) MC-PORTUGAL 1981 (2x300)
- 21) MC-STUDY FERREL (PORTUGAL) 1976
- 22) MC-STUDY 1980 (NORWAY) (1000/2x600)
- 23) MC-STUDY 1976 (NORWAY) (2x600)
- 24) BERGKAMEN (750), GERMANY
- 25) TVO I (FINLAND)
- 26) TVO II (FINLAND)

DAT: 26.3.1982

VIS: *Ev*

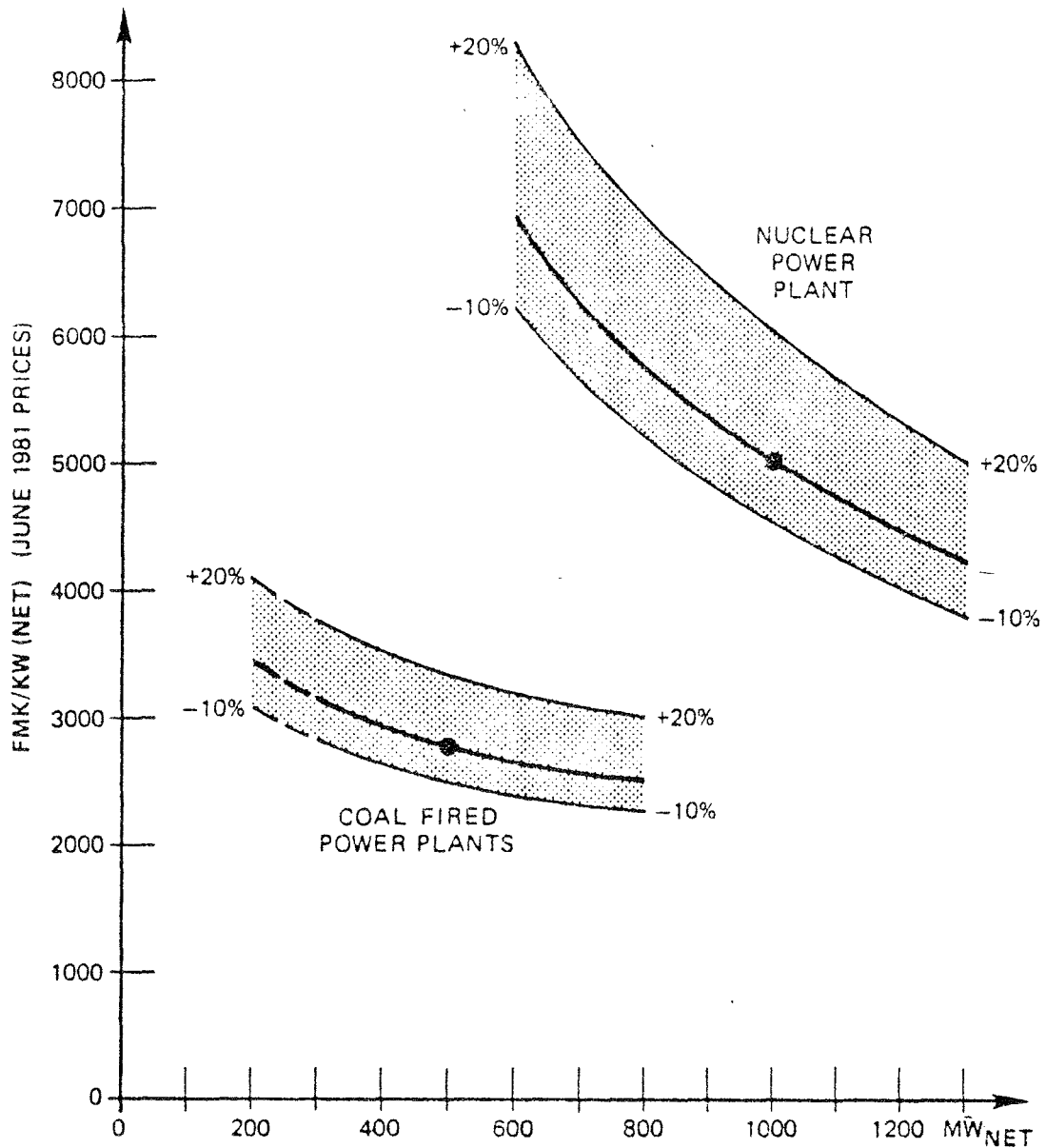
NR:

MOTOR COLUMBUS



KUVA 2:

INFLUENCE OF UNIT SIZE ON SPECIFIC CONSTRUCTION COSTS  
WITH RANGE OF ACCURACY OF THE COST ESTIMATES



Hiilivoimalaitoksen polttoainekustannukset ovat kesäkuun 1981 hintatason mukaan 11,8 p/kWh eli 3,5-kertaiset ydinpolttoaineeseen verrattuna. Tämä on 70 - 73 % sähkön-tuotannon kokonaiskustannuksista 16,1 - 19,9 p/kWh.

Kustannusten riippuvuus huipunkäyttöajasta ilmenee kuvasta 3. Hiilivoiman kustannukset ovat 21/33/41 % korkeammat kuin ydinvoiman, kun huipunkäyttöaika on 5000/6000/7000 h/a.

1 000 MW ydinvoimalaitoksen aiheuttamat ylimääräiset reservi-kapasiteettikustannukset verrattuna pienempiin hiilivoimalai-tosyksiköihin, ovat investointien osalta korkeintaan 10 % ja käyttökustannusten osalta korkeintaan 7 - 8 %. Näitä kustan-nuksia ei ole otettu huomioon sähkön tuotantokustannusten vertailussa.

Muina oleellisina tekijöinä on tutkittu seuraavia seikkoja:

- luotettavuus ja kestävyys
- polttoaineensaannin varmuus
- ympäristötekijät
- taloudelliset ja sosiaaliset riskit
- riippuvuus tuonnista

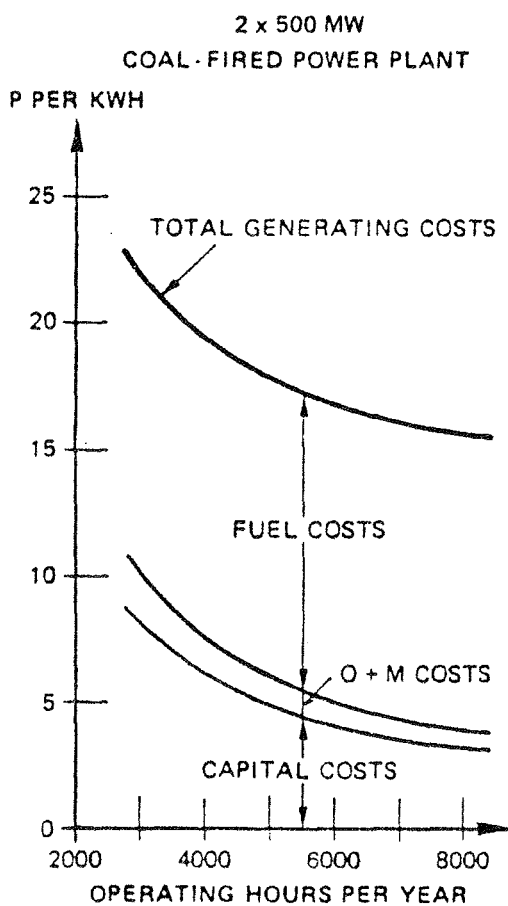
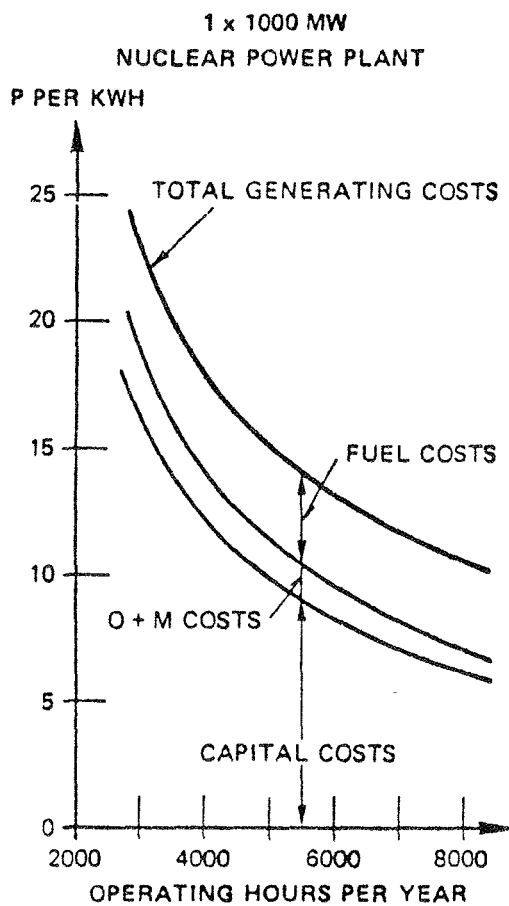
Luotettavuuden, käytettävyyden ja polttoaneen saannin suhteen ei ole todettu ratkaisevia eroja.

Ydinvoimalaitoksilla on ympäristötekijöiden suhteen etuja hii-livoimalaitokseen verrattuna. Kuitenkin radioaktiivisen jät-teen loppusijoitus vaatii tarkkaa huolenpitoa.



KUVA 3:

**ELECTRICITY GENERATING COSTS IN P/KWH**  
 (BASED ON DISCOUNTED CASH FLOWS AND JUNE 1981 PRICES)  
 "BASE CASE" 5% INTEREST RATE



Taloudellisista riskeistä suurimpia ovat mahdollisuus, että kalliin ydinvoimalan käyttö joudutaan jostain syystä keskeyttämään sekä hiilen hintakehityksen epävarmuus. Mahdollisuus suuriin polttoaineen varmuusvarastoihin on merkittävä etu ydinvoimalalle.

### Johtopäätökset

Tutkimus osoittaa, että ydinvoimalaitos on nykyään hiilivoimalaitosta taloudellisesti edullisempi peruskuorma-ajossa. On myös viitteitä, että ydinvoimalaitoksen taloudellisuus verrattuna hiilivoimalaitokseen paranee sen käyttöaikana, koska on epätodennäköistä, että kivihiilen hinta laskisi pitkällä tähtäimellä. On paljon ilmeisempää, että pitkällä tähtäimellä kivihiilen hinta jatkaa nousuaan enemmän tai vähemmän öljynhintaa seuraten. Ei kuitenkaan ole uskottavaa, että hintakehitys olisi yhtä rajua kuin viimeisen 10 vuoden aikana.

Ydinvoimalaan liittyvä epävarmuus riippuu poliittisesta ympäristöstä, jossa ydinvoimalaitos rakennetaan. Kokemukset Yhdysvalloissa, Saksan Liittotasavallassa, Ruotsissa ja Sveitsissä ovat osoittaneet, että on kallista ja vaikeaa rakentaa ydinvoimalaitoksia, jos ydinvoima ei saa poliittista taustatukea.

Tärkeimmät ydin- ja hiilivoimalaitosvertailuun liittyvät tekijät on koottu yhteen taulukossa 1. 1 000 MW ydinvoimalaitoksen haittapuolena on reservikapasiteetin suuri tarve. Tästä syystä sekä lupakäsittelyn helpottamiseksi pitäisi tutkia mahdollisuus rakentaa lisää jo Suomeen rakennettujen ydinvoimalaitosyksiköiden kaltaisia voimalaitoksia. Tällaisten yksiköiden kustannukset sähkötehoa kohden laskettuna eivät ilmeisesti pienemmästä yksikkökoosta huolimatta ole paljoka 1 000 MW yksikön kustannuksia korkeammat.

Muita tekijöitä, jotka liittyvät ydin- tai hiilivoimalaitoksen rakentamiseen tai käyttöön, ei voi verrata täsmällisin tieteellisin termein näiden tekijöiden erilaisuudesta johtuen. Motor Columbuksen arvion mukaan useimmat tässä tutkimuksessa selviteltyt seikat puoltavat ydinvoimaa. Näin on erityisesti ympäristötekijöiden ja ydinpolttoaineen saannin varmuuden suhteen. Pitemmästä rakennusajasta johtuen ydinyksiköt vaativat pitkän tähtäimen suunnittelua.

Tämän artikkelin on toimittanut KTM:n energiaosaston laatiman lyhennelmän pohjalta TkT Pekka Pirilä. Täydelliseen raporttiin voi tutustua KTM:n energiaosastolla, jossa yhteyden voi ottaa erikoistutkija Erkki Eskolaan.



TAULUKKO 1:

## Overall Comparison of Nuclear and Coal-Fired Power Plants

|                                   | Nuclear Power Plant   | Coal-Fired Power Plant  |
|-----------------------------------|---|---|
| <u>Investment Costs</u>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- very high</li> <li>- estimated increase in the future 2.2 %/year (real terms)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- about 50 % of the nuclear plant costs (without desulphurization plant)</li> <li>- estimated increase in the future 0.5 %/year (real terms)</li> </ul>    |
| <u>Fuel Costs</u>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- about 30 % of the coal plant fuel costs</li> <li>- increase depends on expansion of nuclear power</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- very high</li> <li>- estimated increase in USA 2.8 %/year (real terms)</li> </ul>  |
| <u>Generating Costs</u>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 70 to 80 % of the coal-fired plant generating costs by 7,000 to 5,000 operating hours/year</li> <li>- mainly influenced by plant costs, rate of interest and energy availability factor</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- high</li> <li>- mainly influenced by the fuel costs</li> </ul>   |
| <u>Energy Availability Factor</u> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- above 70 %</li> <li>- small statistical base</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 70 to 80 %</li> <li>- large statistical base</li> </ul>  |
| <u>Assurance of Fuel Supply</u>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- lifetime of assured reserves 50 years (without breeders) by utilization level of 1980</li> <li>- no problem to keep reserves for many years</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- lifetime of assured reserves 240 years by utilization level of 1980</li> <li>- expensive and physical limitations to keep large reserves</li> </ul>      |
| <u>Environmental Aspects</u>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- small radioactive releases to the air and waters</li> <li>- 70 % of the produced heat to the cooling water</li> <li>- radioactive waste problem (final disposal of spent fuel)</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- large harmful releases to the air, small releases to the waters</li> <li>- 50 % of the produced heat to the cooling water and 10 % to the air</li> </ul> |
| <u>Risks</u>                      | <p>larger risks concerning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- investment costs</li> <li>- potential economic effects of a large accident</li> </ul>  | <p>larger risks concerning:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- price of the fuel</li> </ul>   |

FORATOM VIII KONGRESSI LAUSANNESSA KESÄKUUSSA 1982  
Prof. Jorma Routti, Helsingin Teknillinen Korkeakoulu

FORATOM VIII, Nuclear energy - Europe and the World, kongressi  
pidettiin 20-24.6.1982 Lausannessa Sveitsissä.

Foratom-organisaatio koostuu 14 Länsi-Euroopan maan ydinenergiajärjestöstä, joista useimpien nimikin viittaa tähän yhteyteen, kuten Ruotsin Swedish Atomic Forum. Suomalaisena jäsenjärjestönä on Energiataloudellinen Yhdistys r.y., jonka kansainvälisen Foratom-järjestön hallintoelimiin nimeämistä edustajista Uolevi Luoto on hiljattain toiminut Foratomin puheenjohtajana. Suomen edustajana Foratomin steering committeeessä toimii Harry Viheriävaara ja executive committeeessä Perttu Simola. Lausannen kongressiin oli kutsuttu Foratomin jäsenmaiden edustajien lisäksi edustajia myös muista teollisuusmaista sekä monista kehitysmaista. Kaikkiaan osanottajia oli 31 maasta yhteensä 600, mukaan lukien 14 Suomesta.

FORATOM-kongressit keskittyvät ydinenergian käyttöön eri maiden energiatalouksissa sekä kansainväliseen yhteistyöhön sen ongelmien ratkaisuisissa. Lausannen kokouksen istuntojen teemat kuvaavat hyvin tätä aihepiiriä:

- 1st Session: Opening
- 2nd Session: Status and Prospects of Nuclear Technology
- Workshop: How safe is safe enough
- 3rd Session: Worldwide cooperation in the Nuclear Fuel Cycle
- 4th Session: What Do Emerging Countries Expect from the  
Leading Nuclear Nations
- 5th Session: Nuclear Trade: Scope and Limitations
- 6th Session: Models for International Cooperation

Kokouksen yhteyteen oli järjestetty myös tutustumiskäynnit Mühlebergin kiehutusvesireaktorilaitokseen Sveitsissä sekä Superphenix-hyötöreaktorin rakennustyömaalle Creys-Malvilleen Ranskassa.

## Avajaisistunto

Avajaisseremoniat käsittivät Sveitsin Foratom-järjestön puheenjohtajan Dr. Willy Urechin, Foratomin nykyisen puheenjohtajan Alain Colombin, Lausannen kaupungin sekä Sveitsin energiaministerin Leon Schlumpfin tervehdykset. Varsinainen avajaisistunto sisälsi seuraavassa lyhyesti referoidut esitelmät:

Ranskan aikaisempi pääministeri Raymond Barre, nykyisin Pariisin yliopiston professori, esitelmöi aiheesta "Energy challenge and international economic evolution in the eighties". Taloudelliset kehitysnäkymät kahdeksankymmentäluvulla ovat vaatimattomat ja epävarmat erityisesti edelleen jatkuvan öljyriippuvuuden vuoksi. Siitä irrottautuminen uusiin energialähteisiin siirtymällä on välttämätön edellytys pitkän tähtäimen kasvupohjan varmistamiseksi. Kehitysmaiden lisääntyvän öljyn ja fossiilisten polttoaineiden tarpeen vuoksi on teollisuusmaiden öljyn korvaaminen uusilla ja vaikeammilla teknologioilla, erityisesti ydinenergialla, ensiarvoisen tärkeää. Ranskan energia politiikka ja mittava ydinenergiaohjelma pohjautuvat näihin tavoitteisiin.

H.J. Dunster (Deputy Director General, Health and Safety Executive, London) esitelmöi ydinenergian ja muiden energialähteiden turvallisuus- ja ympäristöriskeistä. Käytettävissä olevat kvantitatiiviset riskiarvot eri energialähteistä osoittavat, että riskit tai niiden erot eri energialähteiden välillä eivät ole niin suuria, että riskiarvioilla tulisi olla ratkaiseva merkitys energiastrategioiden valinnassa. Mahdollisen poikkeuksen tähän arvioon voivat aiheuttaa rikkidioksidin ja hiilidioksidin vaikutuksia koskevat arviot. Mikäli pienet rikkidioksidimäärät ilmassa ovat niin haitallisia terveydelle ja ympäristölle kuin eräät viimeaikaiset tutkimukset esittävät, voivat rikinpoistovaatimukset oleellisesti vaikuttaa eri energialähteiden taloudelliseen kilpailukykyyn. Mikäli hiilidioksidipitoisuuden ennakoitujen ilmastovaikutukset varmistuvat, on mahdollista, että fossiilisten polttoaineiden käyttöä on pakko rajoittaa. Uskomukset eri energialähteiden riskeistä ja niiden suurista eroista ovat kuitenkin tosiasioita, jotka vaikuttavat tämän päivän energiavalintoihin.

Geneven yliopiston filosofian professori Jeanne Hersch analysoi esitelmässään yleisen mielipiteen muodostumista erityisesti ydinenergiasta. Hänen tavallista syvällisempi ja myös aikaisempiin ilmiöihin nojaava analyysinsa käsitteli käsityksiä uusien teknologioiden pelosta, täydellisen



turvallisuuden myytistä ja elämän väistämättömistä riskeistä. Riskien vertailuun tulee ottaa mukaan myös päättämättömyyden ja valintojen teon väistämisen riskit.

Dr. Joachim Grave Saksan Liittotasavallan taloudellisen yhteistyön ministeriöstä esitelmöi kehitysmaiden energiatilanteesta. Monissa kehitysmaissa vallitsee öljyä ja muita tuontipolttoaineita koskevien maksukriisien rinnalla ehkä merkittävämpi polttopuukriisi, joka johtaa laajojen alueiden metsien häviämiseen ja nopeaan eroosioon. Kehitysmaiden omista energiaratkaisuissa korostuvat niiden omat energiavarat ja uusiutuvat energialähteet. Ydinenergian käyttöönottoa vaikeuttavat puuttuva infrastruktuuri ja pääomat niin, että nykyisin vain kuudessa kehitysmaassa on ydinvoimaloita. Vuoteen 2000 mennessä näiden maiden määrä kohonnee kahteenkymmeneen, mutta ydinenergian käyttö voi olla korkeintaan osaratkaisu kehitysmaiden energiakysymyksiin. Keskeisiä kysymyksiä ovat mahdollisuuksien luominen koulutuksen ja pääomien avulla kehitysmaiden omiin ratkaisuihin niin energiakysymyksissä kuin laajemmissa taloudellisissa ongelmissa.

## 2. istunto: Ydinteknologian tila ja näköalat

Tekn.tri Alpo Ranta-Maunus, Säteilyturvallisuuslaitos

Puheenjohtajana toimi hollantilainen van Erpers Royaards. Ensimmäisessä ranskankielisessä esitelmässä Framatome'n pääjohtaja Leny esitteli maailman ja Ranskan kevytvesireaktoritilannetta. 23 maassa on ydinvoimalaitoksia, näistä 19 maassa on kevytvesilaitoksia, joiden kapasiteetti on 83 % kaikkien ydinvoimalaitosten sähköntuotantokapasiteetista.

Esitelmään sisältyi eri polttoaineilla (ydin, hiili, öljy) tuotetun sähkön hintavertailuja Ranskan ja USA:n tilanteen mukaisesti. Ranskassa Y:H:Ö = 16,5:29:58,2 ja USA:ssa 2,3:2,5:5,4. Lisäksi esitelmässä eriteltiin seikkaperäisesti voimalaitosten standardisoinnin tuomia etuja ja haittoja.

Fischer (KWU) esitteli raskasvesireaktoreita, Franklin (Englanti) kaasujäähdytteisiä, Musso (Ansaldo, Italia) hyötöreaktoreita ja Helander (AA) pieniä reaktoreita. Havaintoina näistä mainittakoon, että Magnox on taloudellisesti kilpailukykyinen, jos rakennetaan pieniä yksiköitä (300 MWe) esimerkiksi sähköverkon asettamien rajoitusten takia ja myös teollisuuden lämmöntuottajana. Samaten muut pienet reaktorit ovat kilpailukykyisiä hiilellä ja öljyllä tuotetun energian kanssa. Helander toi esiin tarpeen yksinkertaistaa ydinvoimalaitosten järjestelmiä. Nykyisen uraaninlouhintakapasiteetin uskotaan riittävän 1990-luvulle, josta eteenpäin hyötäminen voisi olla perusteltua.

#### Kuinka turvallinen on kyllin turvallinen?

Tanskalaisen Mehlsenin puheenjohdolla käytiin panelikeskustelu ikivihreästä mutta yhä ajankohtaisemmasta aiheesta "how safe is safe enough". Keskustelussa kosketeltiin lähinnä yleisön käsityksiin vaikuttavia tekijöitä ja PRA:n (probabilistic risk assessment) käyttökelpoisuutta.

Braun (KWU) painotti voimakkaasti PRA:n puutteita ja oli sitä mieltä, että "engineering judgement" on yhä paras lähestymistapa teknillisiä ratkaisuja arvioitaessa. Erityisesti hän vastusti PRA:n käyttämistä viranomaiskäsittelyssä, koska se johtaisi laskentamenetelmien ja valtavan suuren lähtöarvojen joukon standardisoimiseen. Braunin mukaan PRA on vain hyödyllistä harjoitusta analyytikoille. Muut panelistit eivät käsitelleet PRA:ta yhtä laajasti, mutta heilläkin oli eräitä varauksia PRA:n suhteen.

Eckered (Ruotsi) painotti, että yleisön suhtautumiseen vaikuttaa erityisesti vallitseva ilmapiiri; se olisi saatava luottamukselliseksi. Voimayhtiöiden tulisi kehittää toimintatapojaan ja yhteistyötään (vrt. INPO) luottamuksen parantamiseksi. Matthews (Central Electricity Generating Board, GB) piti vääränä kuolleiden lukumäärän spesifioimista todennäköisyysanalyysien yhteydessä; pitäisi olla neutraalimpi mitta turvallisuudelle.

Tanguy (CEA, Ranska) piti tärkeänä, että jo saavutettu turvallisuuden taso hyväksyttäisiin riittäväksi. Jotta yleisö hyväksyisi ydinvoiman, turvallisuuden täytyy näyttää lähes täydelliseltä. Nykyisin esillä olevista turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä hän piti operaattoreiden koulutusta hyvin tärkeänä.

3. istunto: Worldwide cooperation in the Nuclear Fuel cycle  
Dipl.ins. Juha Pernu, Teollisuuden Voima Oy

Tiistaina kesäkuun 22 pv. pidettiin kongressin kolmas istunto. Aiheena oli: Ydinpolttoainekiertoon liittyvä maailmanlaajuinen yhteistyö. Esitelmää oli yhteensä seitsemän kappaletta, jotka käsittelivät polttoainekiertoa kokonaisuudessaan louhinnasta jätteenkäsittelyyn.

Useassa esitelmässä tuotiin esiin miten uraani ja polttoainetuotanto ennusteet ovat olleet runsaasti ylimitoitettuja todelliseen tilanteeseen nähden. On jouduttu sulkemaan jo avattuja kaivoksia kannattamattomina. Tämä on ollut tietenkin seurauksena ydinvoimalaitossuunnitelmien toteutuksen pitkittymisestä. Tilanne on kuitenkin uraanin ostajille ollut edullinen, koska uraanin hinnat ovat pysyneet suhteellisen vakaina ja alhaisina. Pitkät toimitussopimukset ovat osaltaan luoneet tätä vakavuutta. Ennustettiin, että uranimarkkinat pysyvät hintojen ja tuotannon suhteen vakaina aina 90-luvun alkuun saakka.

Läntisen maailman  $UF_6$  tuotannosta todettiin, että tuotantokapasiteetti on tällä hetkellä n. 50000 MTU/v (tarve n. 25000 MTU/v). Kapasiteetti säilynee v. 1985 asti tällaisena, jona vuonna COMURHEX ja ELDORADO lisäävät tuotantokapasiteettiaan sekä Japani, Etelä-Afrikka ja Brasilia aloittavat oman tuotannon. Tällöin tuotantokapasiteetti kohoaa n. 60000 MTU/v tarpeen ollessa n. 40000 MTU/v.

Polttoainetehtaitten aikaisempien vuosien kapasiteettilisäyssi suunnitelmat on myöskin jouduttu tarkistamaan uudelleen. Verrattaessa esimerkiksi Uranium Institutien v. 1979 tekemää ja OECD:n v. 1982 tekemää tarve-ennustetta keskenään voidaan todeta 80-luvun puolivälissä n. 25% pienennys ja 90-luvun tienoilla n. 33% pienennys.

Ensimmäinen kaupallinen sentrifugilaitos lähti käyntiin Urenco-Centecissä v. 1977 ja nyt on jo toisen polven laitoksia tuottamassa rikastettua uraania. Sentrifugilaitos vaatii sähköä 100 kWh/kg SWU, kun taas diffuusiolaitos 2400 kWh/kg SWU.



Ero on merkittävä ja nykyisen kalliin energian aikana painottuu taloudellisuus sentrifugilaitosten hyväksi. Tällä hetkellä Urenco toimittaa 50% rikastamastaan uraanista omistajamailleen eli Hollannille, Iso-Britannialle ja Saksan liittotasavallalle. Urenco on valmis tarjoamaan palveluksiaan myös kotimarkkinoiden ulkopuolelle.

Jätteen loppusijoitusta koskevassa esitelmässä käytiin läpi nykyiset vaihtoehdot sekä mihin kohteisiin eri maissa ollaan päätyvässä.

#### 4. istunto

##### What Do Emerging Countries Expect from the Leading Nuclear Nations?

Dipl.ins. Kari Huopalahti, Imatran Voima Oy

Halvan energian aika on ohi. Energiaongelma on maailmanlaajuinen. Rajallisten energiavarojen jaossa odottavat kehitysmaat teollisuusmaitten käyttävän mahdollisimman tehokkaasti kehittyneitä teknologioita - ydinenergiaa.

Intian ja Korean esimerkit osoittavat toisaalta, että myös kehitysmaat pystyvät hyödyntämään ydinenergiaa. Teollisuusmaat ovat toisaalta osoittaneet halukkuutensa auttaa kehitysmaita ydinvoiman hyväksikäytössä.

Sellaisia edellytyksiä, joita maan tulee täyttää pystyäkseen hyödyntämään ydinenergiaa, katsottiin olevan:

- riittävän suuri sähköverkko
- riittävä pääoma
- toimiva perusinfrastruktuuri, omat asiantuntijat, koulutettu oma henkilökunta
- poliittinen itsenäisyys, kyky ja stabiilisuus

Maan riittävän suurta peruskokoa pidettiin itsestäänselvyytenä, joskin esiintyi myös mielipide (Meksiko), jonka mukaan yhdelläkään kehitysmaalla ei ole varaa sivuuttaa oman ydinvoima-asiantuntemuksensa kehittämistä.

Riittävä pääoma oli myös itsestäänselvyys. Asian ajankohtaisuudesta muistutti Meksikon päätös siirtää ydinvoimaohjelmansa aloittamista. Meksikon edustajan mukaan päätös johtuu nimenomaan rahoituksesta ja on tulkittava siirroksi määrittelemättömään tulevaisuuden ajankohtaan. Pienet ydinvoimalaitokset eivät välttämättä ratkaise rahoitusongelmaa, koska ne ovat suhteellisesti kalliimpia.

Maan omaa asiantuntemusta ydinteknologiassa pidettiin perustavaa laatua olevana onnistumisen edellytyksenä. Kehitysmaat odottavat teollisuusmailta teknologian siirtoa aina koulutuksesta ja kokemusten vaihdosta lähtien. Eräiden kokemusten mukaan minimijoukko on 30 - 100 henkilöä, jotka alkuvaiheessa voivat muodostaa maan ydinvoimatietämyksen "ytimen". Kokemusten mukaan

ydinteknologian kehityskaari voi kehitysmaissa kulkea turn-key -projekteista vaativampien insinööritaidon suoritusten kautta riippumattomuuteen. Alkuvaiheeseen liittyy henkilöstön koulutuksen lisäksi omia laboratorioita, T & K -projekteja jne., joilla pala palalta hankitaan maahan tarvittava tietämys.

Poliittinen itsenäisyys liittyy läheisesti näkemykseen, että usein ydinvoimapäätökset ovat enemmän poliittisia kuin teknillisiä. Hallitusten pitäisi itse selvästi nähdä vaihtoehdot, ymmärtää ne ja saada niiden pohjalta aikaan vastuullinen päätöksenteko.

Ydinteknologian siirron katsottiin edellyttävän edellä mainitun lisäksi erityisesti

- standardisoituja ydinvoimalaitoksia
- toimivaa kansainvälistä yhteistyötä (laitosprojektit, eri komponenttien valmistus, polttoainekierto)

Kuwaitin edustaja /Arab Petroleum Exporting Countries toi lisäksi esiin epäilynsä, että tarvitaan NPT-systeemin kehittämistä. Nykyistä käytetään hänen mukaansa (erityisesti USA) aiheettomasti estämään kehitysmaita saamasta ydinteknologiaa käyttöönsä. Vastaavasti tulisi hänen mukaansa suunnata rahoitusta erityisesti kehitysmaiden ydinenergiaohjelmiin. OPEC Fund ohjaa rahaansa energiasektorille yleisesti.

## 5. istunto

Nuclear Trade: Scope and Limitations

Dipl.ins. Hannu Räikkönen, Teollisuuden Voima Oy

Istunnon aikana esitettiin kaikkiaan viisi paperia. Vaikka istunnon aihepiirinä oli "Nuclear Trade: Scope and Limitations", esiintyi neljän paperin (80%) nimessä sana "proliferaation", mikä kuvastaa ydinaseiden leviämisen olevan pääasiallisena ajatuksissa puhuttaessa ydinenergiaan liittyvästä kansainvälisestä kaupankäynnistä.

Istunnon aikana pidetyissä esitelmissä korostettiin kansainvälisen kaupan merkitystä ydinteknologian rauhanomaisen käytön kehitykselle aivan samalla tavalla kuin minkä muun teknologian yhteydessä tahansa. Kansainvälinen kauppa on välttämätöntä terveen kilpailun aikaansaamiseksi, keinokeinoisten häiriöiden synnyn estämiseksi ja tätä kautta epätaloudellisten investointien välttämiseksi. Tehokkaan kansainvälisen valvonnan toteuttaminen ydinaseiden leviämisen estämiseksi on välttämätöntä, koska ilman tätä ei voi olla merkittävää ydinlaitteiden ja -materiaalien kansainvälistä kauppaa. Ydinvoimateollisuudella todettiin näin ollen olevan merkittäviä omia etuja valvottavanaan uskotavan IAEA:n suorittaman safeguards-valvonnan aikaansaamisessa. IAEA:n edustaja peräänkuuluttikin tässä mielessä safeguards-vaatimusten standardisointia vientikauppaa varten jotta ydinenergiaalan markkinoiden ylitarjontatilanteessa ei tarjouskilpailussa tingittäisi safeguards-näkökohtien huomioimisesta laitoksia suunniteltaessa.

Istunnon aikana kuultiin amerikkalaisen esitelmöitsijän kertomus USA:ssa tapahtuneesta uudelleenarvioinnista ja muuttuneesta asenteesta ydinteknologian kansainvälisen kaupan suhteen. USA:ssa on omaksuttu "järkevämpi" lähestymistapa tehtäessä päätöksiä ydinteknologian vieniin liittyvissä asioissa kaikki polttoainekierron eri vaiheet mukaanluettuina. Tämä merkitsee näin ollen myös sitä, että jälleenkäsittelyä ja plutoniumin käyttöä koskevat asiat on arvioitu uudelleen eikä näiden käytölle rauhanomaisiin tarkoituksiin pyritä enää asettamaan esteitä kunhan saadaan takeet rauhanomaisesta käytöstä. Asennemuutos oli välttämätöntä, koska vetäytyminen heikensi USA:n ydinteollisuuden kilpailukykyä mutta ennenkaikkea siksi, että USA oli menettämässä sympatioita oman näkemyksensä osalta. USA pyrkii nyt vaikuttamaan ydinaseiden leviämisen estämiseen tähtäävien asioiden hoitoon yhteistyön kautta olemalla tiiviisti mukana ydinteknologian kansainvälisessä kaupassa.

Espanjalainen esitelmöitsijä näki esityksessään kolmenlaisia esteitä ydinaseiden leviämislle ydinenergian rauhanomaisessa käytössä ja ydinteknologian siirrossa. Ehkä tärkein on poliittinen haluttomuus hankkia ydinaseita. Toisen ryhmän esteitä ovat teknilliset esteet siten kuin asioita on esitetty INFCE:ssa ja NASAP:ssa. Kolmantena esteenä voidaan hänen mukaansa pitää hallinnollisia esteitä, joita toimittajat asettavat asiakkailleen kuten IAEA:n safeguards-valvontaan alistuminen.

Istunnon ainoan jyrkän arvostelevan esitelmän piti argentiinalaisten edustaja. Esitys arvosteli varsin voimakkaasti ydinsulkusopimuksen ja sen soveltamiseen liittyvien toimenpiteiden aikaansaamaa diskriminoivaa tilannetta. Käytännössä tämä tarkoittaa nykyisen sotilaallispoliittisen hegemoniatilanteen ikuistamista ja valtavan vertikaalisen proliferaation sallimista "etuoikeutetuissa" ydinasevaltioissa samalla kun pyritään estämään horisontaalinen proliferaatio keinoin, jotka ovat omiaan vaikeuttamaan "ei-etuoikeutettujen" maiden kehittymistä ydinvoimaa hyväksikäyttäen. Ydinaseiden leviämisen varjolla kielto-, rajoitus- ja ennakkoehtopolitiikalla toteutettu ydinalan teollisuushegemonia pitäisi argentiinalaisten mielestä hävittää, koska teknisin keinoin ei voida estää horisontaalista proliferaatiota kuten INFCE:n johtopäätelmissäkin on todettu.

Argentiinalaiset uskovat IAEA:n safeguards-järjestelmän olevan riittävän pyrittäessä edistämään ydinenergian rauhanomaista käyttöä ilman pelkoa ydinaseiden leviämisestä. Tämä edellyttää kuitenkin molemmin puolin annettavia "pitäviä" takeita, ts. takeet rauhanomaisesta käytöstä pitää liittää yhteen toimitusten pelaamisesta annettujen takeiden kanssa. On epärealistista olettaa, että esimerkiksi kehitysmaat, joilla on suuri ydinvoimaohjelma, antaisivat blankkoshekin "full scope safeguards"-asioiden osalta saamatta vastaavaa blankkoshekkiä koskien teknologian, laitteiden ja palvelujen saamista toimittajalta ja näin ollen voidakseen toimia ilman pelkoa yksipuolisesta toimitussitoumusten kumoamisesta.

Saksalaisten pitämässä esitelmässä tarkasteltiin hyvin laajasti maapallon väkiluvun erittäin voimakkaan kasvun mukanaan tuomia energiahuoltoon liittyviä ongelmia. Kaikkia energiamuotoja pitää kehittää ja hyödyntää jotta energiaongelmista selvitätään. Ydinenergia on näistä yksi ja sen hyväksi käyttämättä jättäminen olisi esitelmöitsijän mukaan vastuuntunnotonta. Esitelmöitsijä ei nähnyt mitään esteitä ydinvoiman viennille kehitysmaihin kunhan molemmat osapuolet näkevät vaivaa asian hyväksi. Asioiden oppimiskyky ei ole siellä yhtään huonompi kuin muuallakaan maailmassa, vaan kyse on erilaisesta mentaliteetista, johon voidaan vaikuttaa. Tästä esitelmöitsijä mainitsi hyvänä esimerkkinä Saksan yhteistyön Argentiinan ja Brasilian kanssa.



Sekä istunnon aikana pidetyissä esitelmissä, että paneelikeskusteluis-  
sa tuotiin hyvin selkeästi esille, että ydinaseiden leviämisen tor-  
juminen ei ole teollisuuden ongelma, vaan poliittinen ongelma. Tämän  
ongelman hoitamiseksi tarvitaan poliittisia sitoumuksia. Näissä si-  
toumuksissa ei IAEA:lla ole muuta roolia kuin niiden noudattamisen  
valvontatyö. IAEA:n safeguards-valvonta ydinvoimalaitoksilla ei si-  
nänsä voi estää ydinräjähteiden tekoa. Valvonta on kuitenkin tärkeää,  
koska se tuo tietoa ja voi näin ollen vaikuttaa yleiseen mielipitee-  
seen maailmassa. Sinänsä pommien teko salaa valvojilta tuntuu hölmöl-  
tä touhulta, koska esim. ydinsulkusopimus voidaan sanoa irti. Paneeli  
päättyi vanhaan toteamukseen, että ydinvoimalaitosohjelma ei ole loogi-  
nen, teknillinen eikä taloudellinen tapa tehdä ydinpommeja eikä sitä  
ole olemassa olevien pommien teossakaan käytetty.

## 6. istunto

### Models for international cooperation

Dipl.ins. Pekka Skyttä, Imatran Voima Oy

"International cooperation within the framework of  
the International Atomic Energy Agency" (Herzig):

Herzig kuvaili IAEA:n toiminnan rajoituksia, onnis-  
tumisia ja epäonnistumisia. Tehokkainta yhteistyö  
on kolmella rintamalla: turvallisuusstandardit, tie-  
donvaihto ja safeguard-toiminta. Monikansallinen  
yhteistyö näyttää onnistuvan parhaiten projekteissa,  
jotka eivät ole lähellä kaupallista tai teollista  
toimintaa.

"Cooperation between Finland and the USSR in the  
field of nuclear engineering" (Simola):

Simolla esitti Loviisan projektien yhteydessä sovel-  
letun suomalais-neuvostoliittolaismallin suunnittelu-  
ja toimitusjakoineen sekä antoi kuvauksen organisaa-  
tiokaavioiden monimutkaisuudesta. Uutta esityksessä  
oli aiempiin vastaaviin verrattuna varsin lukuisat  
kuvat ja taulukot Neuvostoliiton ydinenergiaohjelmas-  
ta ja VVER-440-standardilaitoksista. Esitelmä he-  
rätti varsin suurta mielenkiintoa.

"European cooperation in the field of fast breeder  
reactors" (Venöryes):

Hyötöreaktoreiden tärkein peruste on lykätä mahdollis-  
ta uraanipulaa ja hillitä uraanin hinnannousua kevyt-  
vesireaktoriohjelmien jatkuessa. Koelaitokset ovat  
osoittaneet nopeiden hyötöreaktoreiden käyttövarmuu-  
den, ja suurimittaisen nopeiden reaktorien käyttöön-  
oton odotetaan alkavan v. 2000.

Käytännön yhteistyö Euroopassa tapahtuu lähinnä Rans-  
kan, Saksan liittotasavallan, Italian, Hollannin ja  
Belgian kesken (lukuisia yrityksiä ja tutkimuslaitok-  
sia). Yhteistyö kohdistuu nopeiden hyötöreaktoreiden  
rakentamiseen (Super phenix, 1 200 MWe, käyttöön  
1984), komponenttivalmistukseen, polttoainekierto-  
on ja tutkimukseen.

"Nuclear Cooperation between Brazil and Federal Republic of Germany" (Syllus):

Yhteistyö ei koske pelkästään laitosten rakentamista, vaan myös teknologian siirtoa suunnittelun, rakentamisen, komponenttivalmistuksen ja koko polttoainekierron alueilla. Yhteistyökumppaniksi valittiin Saksan liittotasavalta, koska sillä oli tarvittava teknologia sekä myös hallituksen tuki. Yhteistyön toteuttamiseksi perustettiin brasilialais-saksalais-yhtiöt uraanin etsintää, polttoaine-elementtien suunnittelua ja valmistusta, voimalaitosten suunnittelua ja rakentamista, komponenttivalmistusta, jälleenkäsittelyä ja rikastusta varten. Lisäksi solmittiin sopimukset tutkimusyhteistyöstä sekä lisensseistä ja teknisestä avusta.

"The Yugoslav Nuclear Energy Program - a Challenge for the World's Nuclear Suppliers" (Afgan):

Lyhyellä tähtämellä Jugoslavian sähköntarve tyydytetään vesivoimalla ja konventionaalisella höyryvoimalla (ligniitti polttoaineena). Vuoteen 2000 mennessä pyritään kuitenkin suuntaa muuttamaan siten, että rakennetaan 6000 MW ydinvoimaa. Jugoslavian tavoitteena on - kuten Brasiliallakin - päästä mahdollisimman itsenäiseksi ydinenergian suunnittelussa, rakentamisessa ja tuotannossa koko polttoainekierto mukaan luettuna. Tämä merkitsee tulevaisuudessa voimakasta panostusta ydinenergiateollisuuteen, tutkimukseen sekä tarvittavien inhimillisten voimavarojen kehittämiseen. Tänä vuonna viimeistellään pitkän tähtäimen suunnitelmat ja tarjouspyyntövaiheeseen päästään vuoden 1983 puolivälissä, jolloin haaste annetaan maailman ydinenergiateollisuudelle. Vuoden 1984 aikana valitaan toimittajat sekä joint-venture-kumppanit. Rahoituksen puolesta ohjelma on kunnianhimoinen, mutta se toteutetaan joka tapauksessa, tarvittaessa vaikka aikataulua hidastamalla.

Keskustelussa esitysten jälkeen korostettiin henkilökohtaisia suhteita insinöörien kesken, vaadittiin rohkeutta yhteistyöhön, vaadittiin turvallisuuskysymysten järkevää ratkaisua, yhteistä esiintymistä ydinenergian puolesta (liiallisen kilpailun ja toisten mustamaalaamisen sijasta) sekä tasa-arvoisuuden periaatetta yhteistyökumppanien kesken.

J Santaholma/THT 29.4.1982

Esitelmä ATS:n kokouksessa  
29.5.1982

KANSAINVÄLISEN KAUPPAKAMARIN JULKILAUSUMA YDINENERGIAN  
JA KIVIHIILEN KÄYTÖSTÄ

Esitelmä Atomiteknillisessä seurassa 29.4.1982

Kansainvälinen kauppakamari ja sen energiavaliokunta

Kansainvälinen kauppakamari (ICC) on perustettu 1919 maailman elinkeinoelämän yhteisjärjestöksi. Se toimii maailmankaupan vapauden edistämiseksi sekä kauppakäytännön yhdenmukaistamiseksi ja helpottamiseksi edustaen elinkeinoelämää kansainvälisellä tasolla. Sillä on pysyvä korkeimman luokan neuvonantaja-asema tärkeimmissä talouskysymyksiä käsittelevissä hallitusten välisissä elimissä, kuten YK:ssa, GATT:issa ja OECD:ssa. Lisäksi se toimii läheisessä yhteistyössä mm. Euroopan taloudellisen komission ja yli 90 kansainvälisen toimialajärjestön kanssa. Päätoimisto on Pariisissa. Kansallisia osastoja on 57 maassa, mm. Suomessa.

ICC:n varsinainen työskentely tapahtuu sen n. 30 valiokunnassa. Yksi niistä on vuonna 1980 perustettu energiavaliokunta. Suomen jäsenet ko. valiokunnassa edustavat talouselämän ja energia-alan johtoa.

Energiavaliokunnan puheenjohtaja on Dr. Michael Kohn Sveitsistä, mm. Motor-Columbus-yhtiön toimitusjohtaja. Energiavaliokunnan työssä käytetään kansainvälisiä energia-alan huippuasiantuntijoita.

ICC:n julkilausuma ydinenergian ja kivihiilen käytöstä

Liitteenä on käännös ICC:n asiaa koskevasta tiedotteesta. Se sisältää ekstraktin valiokunnan johtopäätöksistä.

Koko lausunto jaetaan ATS:n jäsenille ATS Ydintekniikka-julkaisussa.

Julkilausuman suositukset

Hiljattain suorittamansa perusteellisen selvityksen perusteella ICC on tullut maailman liike-elämän nimissä vakuuttuneeksi siitä, ettei öljyn ylitarjonta eikä öljyn hintapaineen meneillään oleva tilapäinen tasoittuminen saa muodostua esteeksi

liike-elämälle ja hallituksille ryhtymästä keskitettyihin toimiin turvallisten ja luotettavien vaihtoehtojen kehittämiseksi öljylle. Tässä tarkoituksessa ICC korostaa

- 1 että vaikkakin öljy tulee säilyttämään asemansa vielä huomattavan pitkän ajan, öljyn toimitusmahdollisuudet eivät ole riittävät vastaamaan sekä kehittyneiden että kehittyvien maiden pitkän tähtäyksen taloudellisen kasvun vaatimuksia;
- 2 että öljyn toimitusmahdollisuuksien rajallisuuden sekä taloudellisten ja poliittisten epäkohtien johdosta, jotka liittyvät liian yksipuoliseen turvautumiseen yhteen ainoaan energialähteeseen, teollisuuden täytyy tutkia mahdollisuudet nykyisten laitoksien tehokkaampaan käyttöön sekä laitosten muuntamiseen vaihtoehtoisten energialähteiden käyttämiseen;
- 3 että vaikkakin energian säästö on ratkaisevan tärkeää maailmankaupalle, säästäminen yksinään, ilman keskitettyjä ponnistuksia hyödyntää myös vaihtoehtoisia energialähteitä, ei voi pitkällä tähtäyksellä täyttää kuilua öljyntoimitusmahdollisuuksien ja kansantalouksien energiavaatimusten välillä, viimeksi mainittuihin mukaanluettuna liike-elämän sektori;
- 4 että öljyn korvaaminen kehittyneissä maissa voi mahdollistaa kehittyville maille käyttää hyväksi edut öljyvarojen saatavuudesta, mitä on pidettävä tärkeänä niiden taloudelliselle kasvuille ilman samaa tah-  
tia nousevaa hintapainetta;
- 5 että verrattaessa kustannuksia ja hyötyjä on selvää, että kivihiili ja ydinenergia ovat tärkeitä hyväksyttävissä olevia energialähteitä, jotka tarjoavat runsaat ja taloudelliset mahdollisuudet öljyriippuvuuden vähentämiseen;
- 6 että kehitettäessä vaihtoehtoisia energiamuotoja, erityisesti ydinenergiaa ja kivihiiltä, liike-elämän ja hallitusten täytyy löytää tehokkaampia keinoja keskustelulle kansallisista periaatteista ja etujen ensisijaisuusjärjestyksestä niin, että liike-elämälle suodaan mahdollisuudet täyttää



- ensisijaisjärjestyksen vaatimukset tavoilla, jotka ovat sekä kustannuksia säästäviä että myös edullisia;
- 6 että valitettavasti ydinenergian ja kivihiilen laajeneva käyttö on oleellisesti hidastunut liiallisen kontrollisäännösten johdosta;
- 7 että hallitusten sen takia tulisi kiirehtiä ja selventää ympäristö- ja turvallisuussäännöstöjään ydinenergian ja kivihiilen käytön turvaamiseksi ja niiden tulisi omaksua selkeä ja johdonmukainen politiikka näihin kahteen energiamuotoon nähden niin, että liikemiehet voivat tehokkaasti ryhtyä pitkän tähtäyksen suunnitteluun näiden energiamuotojen käytön nopeuttamiseksi;
- 8 että ydinenergia ja hiili ovat toisiaan täydentävät energialähteet maailman energiatarpeiden täyttämässä;
- 9 että epäkohdat, jotka liittyvät ydinenergian ja hiilen käyttöön, mukaanluettuna kuljetus, varastointi, turvallisuus ja ympäristölliset tekijät - täytyy kohdata ennakkoluulottomasti, mutta epäkohdat eivät aseta ylipääsemättömiä riskejä yksityisten yritysten teknilliselle asiantuntemukselle eivätkä hallitusten poliittiselle tahdolle.

Käännös: ICC:n Suomen osasto

Hiilen ja ydinvoiman käytön kehittämistä nopeutettava

Pariisi - Kansainvälinen kauppakamari ICC on kehottanut hallituksia ja teollisuutta tehostamaan ydinvoiman ja hiilen käyttöä öljyn vaihtoehtoisina energialähteinä.

Hallitusten tukemana yksityisellä yrittäjyydellä on tarvittava asiantuntemus varmistaa, että turvallisuutta ja ympäristönsuojelua valvotaan asianmukaisesti.

ICC:n energiavaliokunnan laatima julkilausuma tuo julki niin teollistuneiden maiden kuin kehitysmaiden elinkeinoelämän yhteisen kannan, jonka takana ovat energian tuottajat, hankkijat ja käyttäjät. Valiokuntaa johtaa usean sveitsiläisen energiayhtiön hallituksen puheenjohtaja Michael Kohn.

Kohn sanoi julkilausuman tarkoituksena olevan muistuttaa teollisuutta ja hallituksia siitä, ettei niiden tulisi tuudittautua toimettomuuteen öljyn tämän hetken ylitarjonnan vuoksi.

"Ylitarjonta on todennäköisesti vain tilapäistä ja se saattaa loppua mikäli joku suurehko öljyntuottaja jostakin syystä keskeyttää toimituksensa", sanoi Kohn.

ICC:n julkilausumassa korostetaan, ettei pelkkä energiansäästö ilman vaihtoehtoisten energialähteiden käyttöönottoa pitkällä tähtäyksellä pysty täyttämään öljyntarjonnan ja maailman talouden energiakysynnän välistä kuilua.

Julkilausumassa todetaan, että ydinenergian ja hiilen lisäämistä ovat huomattavassa määrin jarruttaneet liialliset sääntely- ja valvontatoimenpiteet. Hallitusten tulisi tämän vuoksi kiireisesti selvittää ydinenergiaa ja hiilen käyttöä koskevat ympäristönsuojelu- ja turvallisuusmääräyksensä. Lisäksi viranomaisien tulisi omaksua näitä energialähteitä

koskevat selvät ja johdonmukaiset toimintaperiaatteet, jotta elinkeinoelämä pystyisi tehokkaasti paneutumaan tarvittavaan pitkän tähtäyksen suunnitteluun niiden välttämättömän käyttöönoton nopeuttamiseksi.

ICC:n mukaan ydinvoiman teolliseen käyttöön liittyvät vahingonvaarat voidaan rinnastaa muiden energiamuotojen käytön riskeihin. Turvallisuuden kannalta ydinvoimateollisuudella on merkittävän "puhtaat paperit", mutta tätä yleisön laajat piirit eivät vielä ole täysin tunnustaneet.

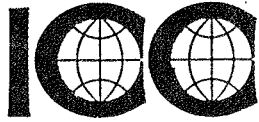
Julkilausumassa kehoitetaan hallituksia ja teollisuutta entistä tehostetummin tiedottamaan yleisölle ydinenergian kustannuksista ja hyödyistä sekä turvallisuustoimenpiteistä.

Ydinjätteiden hävittämisestä julkilausumassa sanotaan, ettei ole olemassa ylitsepääsemättömiä esteitä niiden pitkäaikaiseen varastointiin, vaikka tämä ongelma vaatiikin jatkuvasti tutkimustyötä ja kehittämistä.

Hiilestä ICC toteaa, että se on sekä runsas että erittäin taloudellinen energian lähde. Eräissä maissa julkiset laitokset ja erityisesti jalostusteollisuus ovat kuitenkin epäroineet siirtymistä hiileen. Tähän epäröintiin ovat vaikuttaneet sellaiset tekijät kuin kuljetusten ja alkujalostuksen kustannukset, ympäristöä koskevat rajoitukset sekä varastointipaikkojen puute.

Julkilausuman mukaan useimmille hiilen käytön terveydellisille ja ympäristöllisille vaikutuksille on jo olemassa tekniset ratkaisut. Öljyn poltto aiheuttaa yhtä vaikeita ympäristöongelmia kuin hiilen.

ICC suositti julkilausumassaan ilmakehän lisääntyvän hiili-dioksiidipitoisuuden vaikutusten sekä muiden hiilen käyttöön liittyvien ongelmien jatkuvaa tutkimista.



ICC KANSAINVÄLINEN KAUPPAKAMARI

Energiavaliokunta

20.1.1982

## YDINENERGIAN JA KIVIHIILEN KÄYTTÖ

ICC:n Neuvoston hyväksymä julkilausuma

### A. Johdanto

1. Kansainvälinen kauppakamari ICC on korostanut elinkeinoelämän vastuuta energiakysymyksissä. Marraskuun alussa 1980 ICC järjesti kansainvälisen konferenssin Lissabonissa aiheesta "Energia - haaste elinkeinoelämälle". Kokouksen osanottajat tekivät joukon perustavaa laatua olevia päätelmiä energianäkymistä yleensä ja erityisesti elinkeinoelämän osuudesta. Lissabonissa ICC suositteli sekä energiansäästön lisäämistä että riippuvuuden vähentämistä tavanomaisista hiilivetypolttoaineista kaikkia teknisesti ja taloudellisesti käyttökelpoisia ja ympäristöllisesti hyväksyttäviä vaihtoehtoisia energialähteitä hyödyntämällä. Kokouksessa oltiin myös vakuuttuneita siitä, että teollisuusmaat tulevat lyhyellä ja keskipitkällä tähtäyksellä olemaan yhä riippuvaisempia kaasusta, kivihiilestä ja ydinenergiasta korvatakseen öljyn osuuden vähenemisen.

2. Lissabonin kokouksessa oltiin yksimielisiä siitä, että vaikka öljy on ja tulee olemaan tärkeä energialähde sekä teollistuneissa että kehitysmaissa vielä pitkään, on olemassa monia pakottavia syitä, joiden vuoksi öljyä korvaavien energiamuotojen etsimistä on kiirehdittävä.

3. Ensimmäinen näistä syistä on se, että öljyntuotanto tulee todennäköisesti vähentymään ensi vuosisadan alussa huolimatta hinnankorotuksista ja niiden öljyn etsintää edistävästä vaikutuksesta.



Toinen on se, että liiallinen riippuvuus yhdestä ainoasta energialähteestä, kuten öljystä, saattaa aiheuttaa vakavia taloudellisia vaikeuksia, jos tämän energian saanti syystä tai toisesta keskeytyy. Kolmantena syynä ovat yhä kalliimman öljyntuonnin haittavaikutukset lukuisien maiden maksutaseeseen ja taloudellisen kasvun mahdollisuuksiin. Siksi tarvitaankin useita eri energialähteitä ja tasapainoista energiaohjelmaa, joka ei kohdistu ainoastaan saatavuusongelmiin, vaan myös niihin taloudellisiin rasituksiin, jotka aiheutuvat liian suuresta riippuvuudesta yhdestä energialähteestä.

4. ICC tunnustaa energiansäästön ja laajaan uusien energialähteiden valikoimaan tähtäävän tutkimuksen välttämättömyyden, mutta nämä kaksi toimenpidettä eivät yksin pysty ratkaisemaan öljyn korvaamisen ongelmia. Siksi tässä julkilausumassa käsitellään ydinenergiaa ja kivihiiltä - joilla Lissabonin kokouksen mielestä on parhaimmat mahdollisuudet lyhyen ja keskipitkän tähtäimen energialähteinä - kolmen perustavaa laatua olevan kysymyksen kannalta: (1) Onko niitä saatavissa tarpeeksi? (2) Ovatko ne taloudellisesti edullisia? (3) Ovatko ne turvallisia ja ympäristöllisesti hyväksyttäviä?

5. Ydinenergia on ollut keskeisenä keskustelun aiheena hallituksissa ja suuren yleisön piirissä toisaalta sen vuoksi, että sillä voidaan vähentää riippuvuutta tuontiöljystä, erityisesti sähkövoiman lähteenä. Toisaalta esillä ovat olleet ympäristö- ja turvallisuusvaikutukset, jotka ydinvoiman vastustajien mielestä aiheuttavat liian suuria riskejä ihmiskunnan hyvinvoinnille. (Yhtä näistä näkökohdista, ydinaseistuksen leviämistä, ei käsitellä tässä yhteydessä, koska se on enemmän poliittinen kuin tekninen ongelma, kuten poikkeuksellisen selkeästi todettiin 1980 kansainvälisessä ydinpolttoainekierron arviointikokouksessa). Myös kivihiilen mahdollisuudet ovat suuria johtuen sen runsaudesta, vaikkakaan näitä mahdollisuuksia ei ole vielä kyetty täysin hyödyntämään kuljetusten, louhinnan, varastoinnin ja ympäristövaikutusten aiheuttamien esteiden vuoksi. ICC arvioi näiden kahden tärkeän energialähteen kustannukset ja niistä saatavan hyödyn edellä olevien seikkojen ja kohdassa 4 esitettyjen kolmen kysymyksen pohjalta.

## B. Ydinenergia

### 6. (1) Onko sitä saatavissa tarpeeksi?

Uraanin saatavuus ydinreaktoreiden lyhyen ja keskipitkän tähtäyksen tarpeisiin ei aiheuta vakavaa huolenaihetta. OECD:n ydinenergia-toimikunnan mukaan nykyiset varannot vastaavat kumulatiivisesti arvioituja tarpeita vuosina 2000-2005. Toimikunta kuitenkin korostaa, että uraanietsintää tulee jouduttaa erityisesti siksi, että esiintymän löytämisen ja tuotannon aloittamisen välinen aika on tällä hetkellä keskimäärin 15 vuotta. Sekä hallitusten että elinkeinoelämän tulee lisäksi oivaltaa, että mikäli ydinvoimaloiden rakentaminen kerran keskeytetään sen uudelleen aloittaminen tulee olemaan äärimmäisen vaikeaa, koska tarvittavat investoinnit vaikeutuvat ja ammattitaitoisen työvoiman uudelleen kokoaminen vie huomattavasti aikaa.

7. Uraanivarojen riittävyyden lisäksi niiden jakautuma ulottune laajalti eri alueille - etsintäohjelmia on raportoitu yli 40 maasta. Lisäksi uraani soveltuu hyvin varastoitavaksi, koska raaka-ainetta voidaan käsitellä ilman merkittäviä kuljetus- ja tilaongelmia ja varastointikustannukset ovat alhaiset verrattuna perinteisiin polttoaineisiin.

8. Mikäli nopeaa hyötöreaktoria, joka tällä hetkellä on joissain maissa rakennus- tai käyttöönottovaiheessa, pystytään kehittämään edelleen, uraanivarojen voidaan arvioida riittävän vielä kauemmin, koska hyötöreaktoriprosessi lisää luonnonuraanista saatavan energiamäärän aivan eri suuruusluokkaan. Koska hyötöreaktorin avulla on varteenotettava mahdollisuus pidentää rajattomasti ydinenergian roolia maailman energiatarpeen täyttäjänä, ICC suosittaa tutkimuksen ja kehittämisen kiirehtimistä, jotta saataisiin mahdollisimman pian selville, onko nopean hyötöreaktorin hyväksikäyttö taloudellisesti kannattavaa.

9. Uraanin ja ydinvoiman edullisella saannilla on suoraan huomattava vaikutus myös kehitysmaille. Sillä kun teollistuneet maat siirtyvät ydinenergiaan ja muihin vaihtoehtoiseihin energiamuotoihin, paranee

öljytuotteiden tarjonta kehitysmaille. ICC totesikin Lissabonin kokouksessaan: "Öljyn korvaaminen kehittyneissä maissa suo kehitysmaille mahdollisuuden hyötyä suuremmasta osuudesta öljyvaroja".

10. (2) Onko se taloudellisesti edullista?

Taloudelliselta kannalta katsottuna ydinenergialla on monia etuja. Sillä päinvastoin kuin monen muun energialähteen ollessa kyseessä, ydinenergian kustannuksista huomattava osa on kotimaisia kustannuksia, koska väkevöidyn uraanipolttoaineen hinta on vaatimaton verrattuna pääomakustannuksiin, eli alle 30 % tuotettua kilowattituntia kohden. Lisäksi ydinvoima synnyttää työllisyyttä lähinnä käyttäjämaassa. Tyypillinen tuhannen megawatin ydinvoimalan hankinta luo työllisyyttä jopa 50000 miestyövuotta ja synnyttää 1-2 miljardin dollarin arvosta tilauksia. Uraanin tuonnin edullisuus verrattuna muihin perusenergiälähteisiin helpottaa myös kauppataseisiin kohdistuvia paineita, mikä tekee ydinenergiasta entistäkin merkittävämmän vaihtoehdon maissa, joilla on työttömyydestä ja kauppataseen alijäämäisyydestä aiheutuvia ongelmia.

11. Verrattuna muihin yleisesti käytettyihin energiamuotoihin, ydinvoima on kustannuksiltaan erittäin kilpailukykyinen. Vuonna 1981 useissa Länsi-Euroopan maissa tehdyn tutkimuksen mukaan ydinvoiman kustannukset tuotettua kilowattituntia kohden verrattuna vastaaviin kustannuksiin öljykäyttöisissä voimaloissa vaihtelivat Ranskan alle 50 %:sta Englannin 70 %:iin. Vaikka ydinvoimaloiden korkeat pääomakustannukset yleisesti esitetään syyksi, joka estää voimaloiden rakentamisen, nämä kustannukset itse asiassa enemmänkin kuin kompensoituvat polttoaine- ja käyttökustannusten edullisuuden ansiosta. Vaikka ydinvoiman kustannukset vaihtelevat eri maissa, se on kuitenkin merkittävästi halvempaa kuin öljy, kun otetaan huomioon saatavuus- ja muut pitkän tähtäyksen kustannukset. Lisäksi pitkälliset hallinnolliset käsittelyt ja viivästykset ovat usein lisänneet ydinvoimaloiden perustamiskustannuksia. Siksi ICC:n mielestä onkin pikaisesti tarpeen tarkastella uudelleen, tarveys- ja turvallisuusvaatimukset huomioiden, ydinvoimaloiden luvanmyöntämisenettelyä ja nopeuttaa sitä.

12. Onko se turvallista ja ympäristöllisesti hyväksyttävissä?

Ydinvoimakeskustelun kiihkeimpien väittelyiden aiheena ovat terveydelliset ja turvallisuuskysymykset, jotka koetaan voimakkaasti ja usein erittäin tunnepitoisesti. Näistä kysymyksistä on käsiteltävä kahta merkittävää teknistä seikkaa - turvallisuutta ja jätehuoltoa.

13. Keskustelu ydinvoiman turvallisuudesta on nähtävä suhteessa kokonaisuuteen. Ottaen huomioon sen kiistämättömän tosiasian, että energia on maailmantaloudelle välttämätöntä, meidän tulee verrata ydinenergian riskejä muiden merkittävien energiamuotojen aiheuttamiin riskeihin ja pyrkiä vastaamaan seuraavaan kysymykseen: Ovatko ydinvoiman aiheuttamat riskit hyväksyttävissä siitä saatavaan hyötyyn nähden? ICC:n käsityksen mukaan ne ovat. Kaikkien merkittävien energialähteiden käyttöön liittyy riskejä. Vaikkakin nämä riskit ovat huomattavia, niitä tulee punnita vertaamalla niitä riskeihin, jotka tulisivat kyseeseen jos yritettäisiin ylläpitää vakaata ja tervettä maailmantaloutta ilman tarvittavia energiavaroja. Lisäksi on otettava huomioon, että ydinenergia-alalla on viime vuosina saavutettu edistysaskelia vakavien onnettomuuksien uhan vähentämisessä. Energian, kuten minkä tahansa muunkin ihmisen toiminnan suhteen, absoluuttinen turvallisuus on illuusio, jota vaadittaessa joudutaan umpikujaan.

14. On myöskin huomattava, että ydinvoimateollisuuden turvallisuustilastot ovat vakuuttavia, vaikkakaan suuri yleisö ei tätä ole vielä laajalti havainnut. Esimerkiksi Yhdysvalloissa, missä sattui Three Mile Islandin tapaus, voimayhtiöillä on yli 500 reaktorivuoden kokemus ilman yhtään vakavaa onnettomuutta. Itse asiassa koko maailman ydinvoimaloiden turvallisuus on ollut erinomainen, kuten suuri joukko sekä hallitusten että niiden ulkopuolisia asiantuntijoita on vahvistanut. Ne jotka ovat tutkineet riskejä yksityiskohtaisesti katsovat miltei yksimielisesti, etteivät ydinvoiman aiheuttamat riskit ole lainkaan suurempia kuin muiden energiamuotojen riskit. On kuitenkin todettava, ettei ydinvoiman turvallisuuden käsite vielä ole saavuttanut riittävää yleistä hyväksymistä. Tämän tavoitteen



saavuttamiseksi ja niiden varotoimenpiteiden tukemiseksi, joita ollaan parastaikaa suorittamassa ydinvoiman turvallisuuden lisäämiseksi, ICC tähdentää, että elinkeinoelämän ja hallitusten tulee yhä aktiivisemmin ottaa osaa keskusteluun suuren yleisön kanssa ja selvittää sille ydinenergian kustannuksia ja etuja. Lisäksi tulee saada aikaan (1) mahdollisimman täydellinen tiedotus ydinvoimaloiden toiminnasta ja turvallisuusjärjestelmistä, (2) yhä parempia koulutusohjelmia teknisen tietämyksen korkean tason jatkuvuuden turvaamiseksi, (3) nopea ja tehokas kommunikaatio kaikkien osapuolten välillä mistä tahansa reaktorista saatavista kokemuksista, ja (4) jatkuva reaktoreiden rakentamisen ja käyttöohjelmien valvonta sekä tieteen että hallitusten toimesta.

15. Jätehuoltoon kohdistuvaa tutkimusta ja kehitystä jatketaan ja käytettävien menetelmien tehokkuus pitäisi kaikin mahdollisin keinoin saattaa yleisön tietoon. Lisäksi jätteen kertyminen nykyisissä oloissa on niin hidasta, että aikaa on riittävästi kehittää vieläkin tehokkaampia jätehuoltomenetelmiä, jotka voidaan yleisesti hyväksyä, ja varmistaa että koko ongelma saa osakseen perusteellisen tarkastelun. Siten radioaktiivisen jätteen pitkäaikaiselle varastoinnille ei ole olemassa voittamattomia teknisiä esteitä, joskin jatkuvaa tutkimusta ja kehitystä tarvitaan. Elinkeinoelämän ja hallitusten tulee kohdata nämä asiat rehellisesti ja esittää itselleen joitakin seuraavista kysymyksistä: (1) Onko jätteen varastoimiseen olemassa muita sopivia geologisia ympäristöjä kuin suola ja kivi? (2) Mikäli radioaktiivista saastetta pääsisi vuotamaan, kuinka kauan kestäisi ennenkuin saaste pääsisi syvältä maan sisältä maanpinnalle, mitä reittiä se kulkisi ja miten vuoto voitaisiin estää, ja (3) Mitkä olisivat vuodon vaikutukset eri olettamusten valossa? Eräs seikka jota hallitusten tulisi erityisesti tarkastella, ottaen huomioon tietyillä alueilla vallitsevan ydinjätteen varastoinnin vastustuksen, on mahdollisuus rakentaa kansainvälisesti johdettavia jätehuoltoalueita, jotka niihin osallistuvat valtiot jakaisivat ja yhdessä valvoisivat.

### C. Kivihiili

16. Vuonna 1940 kivihiilen osuus maailman energiatarpeesta oli 49 %. Sen käyttö kuitenkin väheni tasaisesti kunnes 1970-luvulle tultaessa sen osuus oli enää 30 %. Viime vuosina, öljyn hintojen ja tarjonnan tullessa yhä epävarmemmiksi, elinkeinoelämä ja hallitukset ovat ryhtyneet harkitsemaan voisiko kivihiili jälleen muodostua yhdeksi tärkeimmistä öljyä korvaavista energiamuodoista. Huolimatta siitä että hiilivoimaloiden osuus nykyisestä sähköntuotannosta on 50 %, on esitetty epäilyjä kivihiilen mahdollisuuksista kasvaa merkittäväksi öljyn korvikkeeksi.

#### 17. Onko sitä saatavissa tarpeeksi?

Yksi kivihiilen parhaista puolista on sen runsaus. Maailman tämänhetkisten louhintakelpoisten kivihiilivarojen määräksi arvioidaan 640 miljardia tonnia, mikä nykyisen kulutustason mukaan riittäisi 250 vuodeksi.

18. Sen lisäksi että kivihiilivaroja on runsaasti, niitä myös esiintyy useissa maissa - esimerkiksi Puolassa, Australiassa, Saksan Liittotasavallassa, Etelä-Afrikassa ja Tšekkoslovakiassa - jotka eivät ole merkittäviä öljyntuottajamaita. Tällä seikalla on sekä kotimaisia että kansainvälisiä tarjontavaikutuksia: (1) kun kuljetus-, varastointi- ja ympäristöongelmat helpottuvat, kivihiili tarjoaa merkittävän kotimaisen energialähteen hiilentuottajamaille, jotka nykyisin vielä ovat voimakkaasti riippuvaisia öljystä, ja (2) kivihiili tarjoaa monipuolisemman maantieteellisen energialähteiden valintamahdollisuuden niille maille, jotka eivät tuota öljyä eikä kivihiiltä.

#### 19. Onko se taloudellisesti edullista?

Kivihiili on erittäin taloudellinen energialähde. Itse asiassa sähkövoimaloissa käytetty kivihiili oli useissa maissa taloudellisesti kilpailukykyinen öljyn kanssa jo ennen OPEC:in vuoden 1979 loppupuoliskon öljynhinnan korotuksia. Esimerkiksi Yhdysvalloissa

sähkövoimaloihin toimitetun kivihiilen hinta heinäkuussa 1979 oli 1,22 dollaria/BTU, kun öljyn vastaava hinta oli 3,12 dollaria. Vielä huomattavampaa on, että vuonna 1980 pidetyn Maailman Energia-konferenssin tuottamien tietojen mukaan kivihiilen edullisuus öljyyn verrattuna oli hiilentuontimaissakin noin 15 %. Tällä hetkellä suurimmat kivihiiltä koskevat ongelmat ovat kysynnän rajoitukset tuojamaissa ja louhintakustannukset tietyissä tuottajamaissa.

Joissakin maissa voimayhtiöt ja etenkin teollisuus ovat olleet hitaita kivihiilen käyttöön siirtymisessä. Kivihiileen siirtymistä ovat merkittävimmin vaikeuttaneet kuljetusongelmat, investointikustannusten suuruus, raskaat ympäristövelvoitteet ja kivihiilen varastointipaikkojen puute sekä tuhkan ja kuonan poisto, jotka kaikki yhdessä ovat luoneet kuilun kivihiilen mahdollisuuksien ja käytön todellisen laajuuden välille.

20. Kivihiilen taloudellisuus lisääntyy huomattavasti kun Yhdysvaltain - maailman suurimman hiilentuottajan - satamia parannetaan niin, että niistä voidaan laivata yhä enemmän hiiltä maihin, joissa siitä on kasvava kysyntä. Satamauudistukset ja Yhdysvaltain rautateiden kunnostustyöt yhdessä pitkäaikaisten toimitussopimusten kehittymisen kanssa tulevat olemaan keskeisiä seikkoja pyrittäessä luomaan edellytyksiä kansainväliselle kivihiilikaupalle ja saamaan aikaan vakaa tuontihiilen tarjonta kilpailukykyisillä hinnoilla. Valtamerietäisyydet eivät aiheuta kuljetukselle suuriakaan ongelmia, koska kansainvälisen merenkulun harjoittajat ovat nopeasti sopeutuneet siihen, että kivihiiltä täytyy kuljettaa pitkiäkin matkoja suurista vientimaista niiden mertentakaisille asiakkaille. Vaikka kivihiilen kuljetus ei ole vielä yltänyt odotetulle tasolle, luovat nykyinen ylikapasiteetti laivojen kantokyvyssä ja mittavat uudet irtotavaralaivojen rakennushankkeet runsaasti mahdollisuuksia mannertenvälisen kivihiilikaupan nopealle kasvulle.

21. Jatkuvat ponnistelut tekniikan kehittämiseksi jotta voitaisiin käyttää kiinteää kivihiiltä, sekä elinkeinoelämän ja hallitusten pyrkimykset saada kivihiilen kaasuttaminen ja nesteyttäminen taloudellisesti kannattavammaksi tulevat lisäämään kivihiilen käyttöä edullisena korvikkeena öljylle.

## 22. Onko se turvallista ja ympäristöllisesti hyväksyttävissä?

Tärkeimmät kivihiiltä - samoin kuin ydinenergiaa - koskevat kysymykset keskittyvät sen terveydellisiin ja ympäristöllisiin vaikutuksiin. Näistä huomiotaherättävimmät liittyvät rikkidioksidin, typpioksidin ja kiinteiden hiukkasten päästöihin, ilmakehän lisääntyneen hiilidioksidipitoisuuden aiheuttamaan niin sanottuun 'kasvihuoneilmioon', sadeveden happamuuteen ja vesistöjen hapettumiseen, jotka saattavat aiheutua rikkidioksidipäästöistä, ja avolouhinnan aiheuttamiin maisemallisiin vahinkoihin. Useimpiin näistä ongelmista on jo olemassa tekninen ratkaisu ja on muistettava, että öljynpoltosta aiheutuvat ympäristöongelmat ovat yhtä vakavia. Lisäksi ICC huomauttaa jälleen kerran, etteivät esteet kivihiilen käytölle näytä olevan kovinkaan suuria kun ottaa huomioon ne vaikutukset, joita riittävien energiavarojen puutteella olisi maailmantaloudelle.

23. Avolouhinta aiheuttaa maisemallisia vahinkoja ja maanalainen louhinta maan vajoamista. Nykyiset maan- ja maisemanparannusmenetelmät ovat kuitenkin osoittautuneet erittäin onnistuneiksi kun niitä on toteutettu harkiten. Näiden tulosten pitäisi riittää vakuuttamaan ihmiset siitä, että kivihiiltä voidaan louhia aiheuttamatta vahinkoa luonnolliselle ympäristölle. Mitä tulee rikkidioksiidiin ja kiinteisiin hiukkasiin, nykyiset näille aineille asetetut ympäristövaatimukset voidaan toteuttaa käyttämällä jo olemassa olevia menetelmiä. Käytettäessä hiiltä jonka rikkipitoisuus on alhainen, voidaan ankarimmatkin ekologiset vaatimukset täyttää käyttämällä sähkösuodatusmenetelmää kiinteiden hiukkasten erottamiseksi. Huonompilaatuisen hiilen ollessa kyseessä yli 90 % merkittävimmistä saasteaineista saadaan sidottua käyttämällä rikkidioksidin poistoon nykyaikaista savukaasun puhdistusmenetelmää ja kiinteiden hiukkasten erottamiseen sähkösuodatusta. Lisäksi leijukerrospolttoon kohdistuva tutkimus ja kehitys näyttävät tarjoavan parannettuja menetelmiä rikinpoistoon ja raskaiden metallien sitomiseen. On myös huomattava, että joissain tuotantoprosesseissa (esim. sementti) kivihiilen käyttö ei aiheuta ekologisia ongelmia rikin suhteen, koska rikki yhdistyy itse tuotteeseen eikä hajoa ilmakehään. Kuitenkin useiden maiden lainsäädäntö asettaa rajoituksia



myös näiden teollisuudenalojen käyttämän hiilen rikkipitoisuudelle, mikä aiheuttaa kohtuuttomia lisäkustannuksia ja estää hiilen hyväksikäyttöä. Happamasta sadevedestä on todettava, ettei ole havaittu selvää suoraviivaista yhteyttä rikkidioksidipäästöjen ja lisääntyneen happamuusasteen välillä, ja myös muut kemikaaliset tekijät (esim. -typpioksidi), joiden osuutta ei ole mitattu, ovat saattaneet vaikuttaa happamuusasteeseen. Tämä ongelma antaa kuitenkin aiheen mittavaan kansainväliseen tutkimukseen, jonka tavoitteena tulee olla sekä happamuuteen johtavien syiden selvittäminen että niiden realististen ponnistelujen määrittäminen, joita kivihiiliteollisuuden tulee tehdä riskien vähentämiseksi. Näitä pyrkimyksiä tukeakseen ICC:n ympäristövaliokunta on hiljattain aloittanut laajan tutkimuksen tavoitteenaan määrittellä eri vaihtoehdot happamuusongelmia käsiteltäessä.

24. On myös väitetty, että fossiilisten polttoaineiden käytön vuoksi ilmakehään pääsevät suuret hiilidioksidimäärät saattavat aiheuttaa ilmastollisia muutoksia, jotka aikaa myöden muuttavat maapallon lämpötilaa katastrofaalisin seurauksin. Tätä on kutsuttu 'kasvihuoneilmäksi'. Näiden väitteiden oikeudellisuudelle ei ole olemassa selviä todisteita, mutta on erittäin painavia syitä, joiden vuoksi elinkeinoelämän ja hallitusten tulee tukea tutkimusta tällä alueella. Kuten myös vesisateen happamuuden kohdalla, ICC:n ympäristövaliokunta on aloittanut tutkimuksen, jonka tavoitteena on määrittellä 'kasvihuoneilmion' seuraukset ja mahdolliset eri keinot sen uhan välttämiseksi.

## 25. Suosituksia

Lissabonin energiakokouksen jälkeen ICC:n viimeisimmät selvitykset johtavat vaatimukseen ettei öljynylitarjonta eikä nykyinen väliaikainen öljyn hintapaineiden helpottuminen saa estää elinkeinoelämää ja hallituksia keskittymästä ponnisteluihin turvallisten ja luotettavien öljyä korvaavien energiamuotojen kehittämiseksi. Tämän vuoksi ICC korostaa, että

1. vaikka öljy tulee säilyttämään asemansa vielä huomattavan pitkän ajan, öljyvarat eivät riitä vastaamaan sekä kehittyneiden että kehitysmaiden pitkän tähtäyksen taloudellisen kasvun vaatimuksiin;

2. öljyn toimitusmahdollisuuksien rajallisuuden sekä niiden taloudellisten ja poliittisten epäkohtien johdosta, jotka liittyvät liian yksipuoliseen turvautumiseen yhteen ainoaan energialähteeseen, teollisuuden tulee tutkia mahdollisuudet nykyisten laitostensa tehokkaampaan käyttöön ja niiden muuntamiseen vaihtoehtoisia energialähteitä käyttäviksi;
3. vaikka energiansäästö on äärimmäisen tärkeää maailmantaloudelle, säästäminen yksinään, ilman keskitettyjä pyrkimyksiä hyödyntää myös vaihtoehtoisia energialähteitä, ei pysty pitkällä tähtäyksellä täyttämään kuilua öljyn tarjonnan ja maailmantalouden energiakysynnän välillä;
4. öljyn korvaaminen kehittyneissä maissa soisi kehitysmaille mahdollisuuden hyötyä niiden taloudelliselle kasvulle niin tärkeiden öljyvarojen saatavuudesta joutumatta kohtaamaan entisenlaisia hinnankorotuspaineita;
5. vertailtaessa kustannuksia ja hyötyä on selvää, että kivihiili ja ydinenergia ovat tärkeitä hyväksyttäviä energialähteitä, jotka tarjoavat runsaat ja taloudelliset mahdollisuudet öljyriippuvuuden vähentämiseen;
6. kehitettäessä vaihtoehtoisia energiamuotoja, erityisesti ydinenergiaa ja kivihiiltä, elinkeinoelämän ja hallitusten tulee löytää tehokkaampia keinoja keskustelulle kansallisista periaatteista ja prioriteeteista niin, että elinkeinoelämälle suodaan mahdollisuus toimia näiden prioriteettien mukaisesti tavoilla, jotka ovat sekä kustannuksia säästäviä että kannattavia;
7. liialliset säännökset ja rajoitukset ovat valitettavasti huomattavasti hidastaneet ydinvoiman ja kivihiilienergian käytön lisäämistä;
8. hallitusten tulee sen vuoksi kiirehtiä ja selventää ydin- ja kivihiilienergiaan liittyviä ympäristö- ja turvallisuusmääräyksiä ja omaksua näiden kahden energiamuodon suhteen selkeät ja johdonmukaiset toimintaperiaatteet, jotta elinkeinoelämä pystyisi

tehokkaasti paneutumaan pitkän tähtäyksen suunnitteluun näiden energiamuotojen välttämättömän käyttöönoton nopeuttamiseksi;

9. ydinvoima ja kivihiilienergia ovat täydentäviä energiamuotoja maailman energiatarpeita täytettäessä;
10. ydin- ja kivihiilienergiaan liittyvät ongelmat, kuten kuljetus-, varastointi-, turvallisuus-, ja ympäristönäkökohdat, on rehellisesti kohdattava, mutta ne eivät muodosta riskejä, joita ei voitaisi hyväksyä kun käytetään yksityisen sektorin teknistä asiantuntemusta ja hallitusten poliittista tahtoa.

Dr. J. Rognon  
Swiss Nuclear Society  
Berne / Switzerland

Berne, August 26, 1982

LECTURE GIVEN DURING THE MEETING OF THE FINNISH NUCLEAR SOCIETY

Nuclear Energy in Switzerland: Prospects, policy and operating experience

My lecture will be divided into three parts. First I want to give you some neutral news about the energy situation in Switzerland. Then unfortunately, I have to describe the negative part of my presentation, namely the evolution of the nuclear policy in the past years. I reserved the good news for the end: the very good operating experience with nuclear power plants in my country.

1. The energy situation in Switzerland

Switzerland is a small, highly populated, and energy-poor country. With its small expanse of 41,300 sq. km., Switzerland ranks 110th in size, among world nations and belongs therefore to the category of small countries.

Except for abundant resources of rock salt, stone, sand, and gravel, the subsoil of Switzerland is poor and does not contain any mineral or hydrocarbon resources worth mentioning.

The only domestic resources for the energy needs of Switzerland are a minute contribution from wood and a fair, but limited, contribution from hydropower.

In fact, hydropower was sufficient to provide all the electricity needs of the country until the end of the 1960s.

The actual problems and difficulties of the Swiss energy economy result from its past development. Fig. 1 shows the evolution of the energy consumption in the last 30 years as well as the relative role of different energy sources.

In the past few decades the consumption of energy in Switzerland has been high. Between 1950 and today, the total energy consumption has increased practically fourfold (average annual growth rate around 5 percent). But, in this expansion, it should be noted that electricity consumption has increased only fourfold during the same period, whereas consumption of oil products has multiplied more than tenfold and the one of coal has reduced by a factor of 6.

Today the average energy consumption per year and inhabitant amounts to an equivalent of 4 KW, which is twice the world average but only one third of the US consumption.

If we consider the various forms of energy demanded by the consumer, we find, as shown in Table 1, that about 63 percent of the total is

| <u>Table 1</u> Repartition of final energy needs according to the various forms of end-use energy (percentage distribution).<br>Situation in 1981 |                    |
|---|--------------------|
| <u>Form of end-use energy</u>   | <u>Total needs</u> |
| Heat energy   | 63                 |
| space heating and hot water production  | 49                 |
| industrial process heat   | 14                 |
| Mechanical energy   | 34                 |
| transport   | 27                 |
| machines  | 7                  |
| Chemical processes  | 1,6                |
| Light   | 1,8                |
| Total   | 100                |



used to provide heat (about 49 percent for space heating and production of hot water for personal and services needs, and about 14 percent for industrial processes).

Hence, measures to be taken for substitution of energy sources and production techniques, and for energy conservation, must focus first of all on heat demand, because this demand is predominantly met by petroleum products. The same considerations apply, to a lesser degree, to private transport, which is exclusively supported by petrol.

In autumn 1974, after the oil crisis, the "Federal Council" (federal executive authorities) nominated a special commission to evaluate future energy growth until turn of the century.

After 4 years of intensive work, this commission, formed by 11 members, published its work. The study consisted of the description of 13 different scenarios based on various assumptions.

Fig. 2 shows a comparison between the actual situation and what the commission believed to be the most probable scenario for the year 2000. (IIIcG)

This energy-mix was based on the following assumptions:

- a) Average annual energy growth rate: 1,5 %
- b) Exhaustion of the actual legal possibilities
- c) Introduction of an energy article in the constitution
- d) Introduction of an energy tax amounting to 6 %
- e) Energy saving and substitution of oil

The examination of these figures leads to the following remarks:

- The importance of the oil decreases relatively but almost not in absolute figures.
- The consumption of gas could grow by a factor of 4.
- The nuclear energy production could represent roughly 50 % of electricity but 13 % of the total energy. This corresponds to a capacity of 6000 MWe in the year 2000.

- The importance of alternative and new energy sources is limited.

Ecological associations have produced different studies which nevertheless foresee an increase of energy consumption amounting to 0,6 % per year and an installed nuclear capacity of 2000 MWe (the present capacity in operation).

## 2. Political and legal aspects

Before describing the evolution of the political and legal aspects in the nuclear field, it is worthwhile to recall some fundamental elements of the political and legal situation in Switzerland.

On the federal legislative level we have two chambers, namely the "National Council" which is similar to the House of Representatives in USA and the "State Council" which is close to the Senate in USA.

On the federal executive level we have the "Federal Council" which is formed by seven Ministers.

Fundamentally, the citizens have two rights:

### 1) The "right of initiative".

100'000 citizens can propose the introduction of a new article in the constitution. To be accepted, the votation shall obtain a double majority, namely the majority of voting citizens and the majority of cantons.

2) The "right of referendum".

For certain laws being proposed and accepted by the Parliament (both chambers), 50'000 citizens or eight cantons can require a plebiscite, where the single majority of votes is decisive.

Based on an article in the constitution introduced in 1957 and the nuclear law introduced in 1959, federal law prevails in nuclear energy. The purpose of the federal legislation is to protect the population against radiation. The liability for radiation damages is presently limited to the amount of 300 Mio Sfr. and has to be covered by mandatory insurance. Furthermore, the law governs the licence procedures for nuclear installations handled by the federal Ministry of Energy.

The rising political pressure and an "initiative" with 123'000 signatures, submitted in 1976 by nuclear opponents, force the federal authorities not to wait for a general revision of the nuclear law still in preparation and in 1978 a complementary law was presented by the "Federal Council". This so called "Bundesbeschluss zum Atomgesetz" modifies the licensing procedure as follows:

- a) The "Federal Council" issues a general permit subject to the federal Parliaments veto-right.
  
- b) To receive this permit the applicant has to prove that
  - the energy produced by this plant is needed in Switzerland
  - the safe disposal of the waste is secured
  - a concept for dismantling of the installation is defined

- c) The proposed consultation procedure is so complicated that 10 to 12 years will elapse from the application of the general permit to the commercial production of the plant.

The referendum against the proposed "Bundesbeschluss" was introduced and both the "Initiative" and the "Bundesbeschluss" were put to vote on February 18, 1979, respectively on May 20, 1979, with the following results:

|            | <u>Participation</u> | <u>Citizens</u> |                | <u>Cantons</u>  |                |
|------------|----------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
|            |                      | <u>in favor</u> | <u>against</u> | <u>in favor</u> | <u>against</u> |
| Initiative | 49,6 %               | 920'480         | 965'927        | 9               | 14             |
| Law        | 36,9 %               | 982'723         | 444'156        | 22              | 1              |

This law, valid since July 1, 1979, up to December 31, 1983, is applied now for the first time for the Kaiseraugst project. The "Federal Council" issued the general permit in October 1981. It has to be approved by the two chambers of the federal Parliament.

After the failure of the initiative, the opponents of nuclear energy increased their activity and submitted a new initiative end of 1981. They intend to prohibit the construction of new nuclear plants after completion of the Leibstadt project and force the dismantling of existing nuclear plants within certain time limits.

In summer 1981, the result of the first consultation of the draft of a completely new nuclear law was negative and it looks as if the "Bundesbeschluss zum Atomgesetz" will be prolonged for a new period of 5 years.

The tentative schedule for the next future will be:

- December 1982: Discussions on the Kaiseraugst plant permit in the "State Council"
- 1982/83 Discussion on a new constitutional article on energy

- 1983/84: Discussions about the same topic in the "National Council"
- 1983 / 1984: Vote on "initiative"
- Autumn 1983: Re-election of the Parliament

Due to the political impacts of the nuclear power problem on the election, a decision on nuclear energy problems or an authorization for a new nuclear power plant are not to be expected before 1984.

### 3. Operating experience

This part of my lecture is based on a paper to be given by the superintendants of the Swiss nuclear plants at the IAEA Conference in Vienna in September 1982 (IAEA-CN-42/69).

In the middle of the 1960s two Swiss utilities - the Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK) and the Bernische Kraftwerke AG (BKW) - decided to install nuclear power plants to keep up with power demand forecasts. This decision was quite a big step toward a new technology and the first three units, Beznau I, Beznau II and Mühleberg belong to the first generation of commercial nuclear power stations. This step was welcomed by a large majority of the public and environmental groups, who were afraid of the pollution problems of fossil fired thermal power plants. As a consequence, electricity generation in Switzerland remained independent of oil supply.

As we saw in chapter 2, there is a broad political debate about nuclear power generation in Switzerland, as in many other industrialized countries around the world. The Swiss government and

public utilities clearly stated, that nuclear energy is needed to solve our energy problems in the future. However, in a democratic system we also have to convince the majority of the people. One of the best arguments for nuclear energy is the safe, reliable and economic operation of this kind of facilities. It is a fact, that the operation experience with nuclear power plants in Switzerland is excellent.

### 3.1 Plant descriptions and performance

The main characteristics of operating nuclear power plants in Switzerland are summarized in table 2:

|                              | Beznau<br>KKB I + II | Mühleberg<br>KKM | Gösgen<br>KKG               |
|------------------------------|----------------------|------------------|-----------------------------|
| Net Capacity                 | 2 x 350 MWe          | 320 MWe          | 920 MWe                     |
| Type of reactor              | PWR                  | BWR              | PWR                         |
| Reactor supplier             | Westinghouse         | General Electric | Kraftwerkunion              |
| Turbine supplier             | Brown Boveri         | Brown Boveri     | Kraftwerkunion              |
| Generator rating             | 4 x 228 MVA          | 2 x 190 MVA      | 1140 MVA                    |
| Condensate cooling           | river water          | river water      | natural draft cooling tower |
| Year of commercial operation | 1969 / 1972          | 1972             | 1979                        |

The operating history of each power plant is shown in the figures 3 - 6. In Switzerland all nuclear power plants are dedicated to base load generation, normally at full load. Load reductions due to low power demand being exceptions. Load following is performed by hydro storage plants, which are better suited for this mode of operation.

..



Annual refuelling and maintenance outages are scheduled for the summer period, when power demand is low and hydro capacity is at its peak. The operation achievements can be judged from the load factors, which are presented in table 3. The four nuclear power plants have produced 92 TWh until the end of 1981.

|       | <u>Load Factors</u> |               |            |            |                         |
|-------|---------------------|---------------|------------|------------|-------------------------|
|       | <u>KKB I</u>        | <u>KKB II</u> | <u>KKM</u> | <u>KKG</u> | <u>weighted average</u> |
| 1969  | -                   | -             | -          | -          | -                       |
| 1970  | 61.0                | -             | -          | -          | 61.0                    |
| 1971  | 53.3                | -             | -          | -          | 53.3                    |
| 1972  | 43.9                | 82.2          | -          | -          | 63.1                    |
| 1973  | 55.0                | 72.9          | 74.7       | -          | 67.2                    |
| 1974  | 77.0                | 82.7          | 68.7       | -          | 76.4                    |
| 1975  | 81.6                | 83.3          | 86.9       | -          | 83.8                    |
| 1976  | 83.2                | 86.5          | 85.9       | -          | 85.1                    |
| 1977  | 85.0                | 88.0          | 86.3       | -          | 86.4                    |
| 1978  | 90.4                | 90.1          | 87.3       | -          | 89.3                    |
| 1979  | 87.0                | 88.4          | 88.1       | -          | 87.8                    |
| 1980  | 86.5                | 83.5          | 87.9       | 74.4       | 80.5                    |
| 1981  | 84.2                | 90.7          | 89.6       | 82.2       | 85.4                    |
| Total | 74.0                | 84.8          | 84.0       | 79.5       | 79.3                    |

### 3.2 Initial Problems

During the early years of operation each plant had some technical problems which caused operational troubles and availability losses.

./..

The most important initial problems were:

- defective fuel elements at KKB and KKM
- steam generator tube defects at KKB (PWR)
- vibration of core components at KKM (BWR)
- excessive corrosion and erosion in the turbine system in KKB, KKM and KKG

These initial operation experiences are discussed below in some more detail.

- Defective fuel elements

Nearly all light water reactors of the first generation experienced fuel defects, which caused fission products leaking into the primary coolant. The Swiss power plants did not make any exception. Beznau I initial core fuel showed blisters in the cladding due to residual humidity in the fuel pellets. Later, collapsed but not leaking fuel rods were observed. Both failure modes were eliminated by improving dry-out procedures, higher fuel density and initial pressurization of fuel rods.

Pellet-clad-interactions were responsible for cracks in Mühleberg initial core fuel elements. Two counter-measures were taken. First, restrictions on power increases were imposed immediately. Second, reload fuel configuration was changed from 7x7 to 8x8 fuel rods per assembly, reducing the linear heat generation of the individual rods. After having removed the last 7x7 elements out of the core in 1976, KKM had no fuel failures any more and less restrictive limitations on local power increases could be imposed.

- Steam generator tube defects

KKB steam generators are tubed with Inconel 600. During the first operating cycle of KKB I tube leaks were detected within the tube sheet due to intergranular stress corrosion.

As a counter-measure the chemistry concept was changed to a phosphate treatment. This change promoted a second type of failure. In the stagnant flow area above the tube sheet intergranular cracking defected 850 tubes within 3 months which had to be plugged. As a precaution two spare steam generators for KKB I were fabricated and shipped on site in 1975.

A third type of defect, wall thinning in the area above the tube sheet, was observed mainly in the KKB II steam generators in 1975. Recently sleeving of defective tubes instead of plugging has been developed and successfully applied at KKB in 1980 for trial use. This new technique may help to avoid steam generator replacement at KKB I.

The KKG steam generators are tubed with Incoloy 800. They do not contain economizers but are equipped with flow baffles above the tube sheet. The secondary chemistry specification is based on a low phosphate treatment. Eddy current surveillance during both refuelling shutdowns still revealed sludge buildup above the tube sheet, although less than an older steam generator. No tube wall thinning was observed during the first refuelling (1980), but a limited number of tubes showed indications of wastage at up to 30 % at the second refuelling (1981).

#### - Vibration of core components at KKM

During the first refuelling outage at KKM in 1973, defective fuel channels were observed. Hydraulic induced vibrations of absorber curtains and incore-instruments were the cause for this damage. These vibrations were due to increased coolant flow in the gap between the fuel channels through special holes, that had been drilled into the lower core plate. The first remedy was the replacement of the defective channels and restricting core flow and

load to 85 % of rated until the next curtain outage. After several intermediate fixes the final solution consisted of plugging the holes in the lower core plate and drilling small holes in each fuel support piece. KKM was the first plant that implemented this permanent fix in 1976.

In August 1974 cracks in two of four feedwater spargers were detected during the annual refuelling outage. It was decided to replace all four spargers as soon as work preparations would be ready. This special outage lasted 12 days all together. The replacement work itself took 6 days. A special working platform and radiation shielding contributed to the short outage and low radiation doses (47-man-rem) that had been accumulated.

- Excessive corrosion and erosion in the turbine system

Most of the repairs in the turbine systems were due to excessive corrosion and erosion of turbine inlet valves, water-separators, reheater units, preheaters and condensator tubing. At KKB and KKM for example, the shell of the water-separators had to be protected by a stainless steel cladding.

### 3.3 Unavailabilites

Table 4 shows the planned and unplanned cumulative unavailabilities for the Swiss nuclear power plants.

./..

Table 4: Cumulative unavailability factors to end of 1981

|   |         | KKB I        | KKB II       | KKM  | KKG  |
|---|---------|--------------|--------------|------|------|
| cumulative load factor                                | %       | 74.0         | 84.8         | 84.0 | 79.5 |
| cumulative unavailability factor                      | %       | 26.0         | 15.2         | 16.0 | 20.5 |
| planned:  |         |              |              |      |      |
| refuelling outage                                     | %       | 11.3         | 9.9          | 10.5 | 13.7 |
| coast down  | %       | 0.1          | 0.1          | 1.6  | 0.4  |
| fuel transient restraints                             | %       | -            | -            | 1.4  | -    |
| regulatory requirements                               | %       | 3.6          | 1.1          | 0.5  | -    |
| miscellaneous (incl. load following tests)            | %       | 2.5          | 1.6          | 0.7  | 2.6  |
| planned unavailability                                | total % | 17.5         | 12.7         | 14.7 | 16.7 |
| unplanned:  |         |              |              |      |      |
| nuclear steam supply system (steam generator portion) | %       | 7.5<br>(3.8) | 1.7<br>(1.3) | 0.4  | 0.4  |
| balance of plant                                      | %       | 1.0          | 0.8          | 0.9  | 3.5  |
| unplanned unavailability                              | total % | 8.5          | 2.5          | 1.3  | 3.8  |

The most important contribution to the unavailability is the annual outage for refuelling, inservice-inspection and maintenance. A lot of engineering and planning work is dedicated to optimize the outage schedules. We believe that KKB I / II and KKM have approached an optimum during the last few years. For these plants further substantial reductions of refuelling outage time could only be achieved, when all maintenance work is performed in three shifts around the clock. But this would require much more staff and foreign personnel on site, which is not yet considered to be economic.

./..

The above mentioned technical problems were the dominating availability losses during the early years of operation. The most severe losses were due to the steam generator problem at KKB I (4.5 %). The other plants had unplanned availability of less than 1 %.

The future achievement of the Swiss nuclear plants will depend on the downtime required for implementing the comprehensive back-fitting program, which includes an additional shutdown cooling system for KKB and KKM, and the future development of the following key problems:

- for PWR plants: the steam generator performance
- for KKM (BWR) : the potential for intergranular stress corrosion in main piping and safe ends to reactor pressure vessel nozzles

### 3.4 Radiation Protection

The release of radioactive effluents to the environment has been carefully monitored by the operators and the regulatory agencies. The effluent treatment systems proved to be very efficient, keeping the releases well below the licensing limits at any time. As an example, the release of radioactive effluents during 1981 are presented in table 5. The licensing limits applied in Switzerland are based on a maximum radiation exposure for any individual living in the vicinity of the plant of 20 mrem per year. The data of table 5 suggests that exposure of the public in the vicinity of any Swiss nuclear power plant was less than 1 mrem per year.

./..



Table 5: Release of radioactive effluents during 1981

|                                   | KKB I + II |                     | KKM        |                     | KKG         |                     |
|-----------------------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|-------------|---------------------|
|                                   | release    | % of<br>li-<br>mits | release    | % of<br>li-<br>mits | release     | % of<br>li-<br>mits |
| <u>Airborne effluents</u>         |            |                     |            |                     |             |                     |
| noble gases                       | 1160 Ci *  | 4                   | 3950 Ci *  | 1.3                 | 100 Ci *    | 0.3                 |
| aerosols (T <sup>1/2</sup> > 8 d) | 0.11 mCi   | 0.1                 | 3.8 mCi    | 0.8                 | 0.03 mCi    | 0.01                |
| J-131                             | 2.6 mCi    | 2.6                 | 37.5 mCi   | 7.5                 | 0.02 mCi    | 0.01                |
| <u>Water effluents</u>            |            |                     |            |                     |             |                     |
| total without H <sup>3</sup>      | 0.74 Ci ** | 7                   | 0.08 Ci ** | 0.8                 | 0.002 Ci ** | 0.04                |
| H <sup>3</sup>                    | 488        | 25                  | 10 Ci      | 2                   | 160         | 8                   |

\* for C<sub>A</sub> = 10<sup>-5</sup> Ci · m<sup>-3</sup>

\*\* for C<sub>W</sub> = 10<sup>-4</sup> Ci · m<sup>-3</sup>

Effective radiation protection procedures prevented, that in the Swiss power plants any individual have ever been exposed to radiation doses exceeding the regulatory limits. An other important aim of these procedures are to minimize the overall personnel exposure associated with operation and maintenance activities. Exposure from day to day operation have continuously been reduced by improved procedures despite the increasing radiation levels from Co-60 deposits. Inservice-inspection and maintenance work during the refuelling outage having a major impact on the accumulated exposure. The Swiss licensing authority considers an annual overall exposure of 400 man-rem a reasonably achievable upper limit for a single unit. Table 6 shows, that dedicated protective measures were successful in keeping the overall exposure below this challenging guideline. A considerable effort is focussed on a better understanding of cobalt deposition in the reactor coolant system with the aim of being able to control the radiation level buildup in the plant.

Table 6: Personnel Exposure (man-rem)

|      | KKB I + II | KKM | KKG |
|------|------------|-----|-----|
| 1976 | 442        | 348 | -   |
| 1977 | 497        | 311 | -   |
| 1978 | 330        | 275 | -   |
| 1979 | 360        | 252 | -   |
| 1980 | 450        | 361 | 74  |
| 1981 | 522        | 295 | 96  |

### 3.5 Summary of experience

The operating performance of nuclear power plants depends on many factors, such as design and quality of equipment, qualification and training of the operating staff, operating and maintenance procedures, and last but not least the licensing requirements.

The superintendants of these plants believe, that the following factors contributed to the excellent result of nuclear power in Switzerland.

#### - Equipment design and quality

The excellent performance of the first generation plants confirm the fact, that the supplier's design and fabrication know-how has a much larger impact on equipment performance than any sophisticated quality assurance program.

#### - Supporting services

Supporting services of the reactor and equipment suppliers to treat technical problems and to perform the necessary R & D programs for

appropriate technical solutions are essential for the operating performance. The above mentioned problems with fuel defects, steam generators, component vibrations, etc. are good examples for this point.

- Staff capacity

The Swiss utilities are comparatively small companies, where the operating staff on site assumes full responsibility for operation and maintenance including outage planning and project management of the backfitting program. This requires an appropriate engineering capacity on site, which is available for solving any operational problems also.

- Operating staff qualification and training

A good basic training of professional workers, technicians and engineers in schools and industry and traditionally low staff fluctuations are favorable factors in Switzerland. Training programs for operators, technicians and engineers are focussed on the understanding of the basic phenomena and assumptions leading to the procedures rather than on the procedures only.

- Operation strategy

Base load generation means steady conditions which certainly minimize the risk for component malfunctions or operator errors.

- Maintenance strategy

Preventive maintenance is the basic strategy followed as far as reasonably achievable. The supplier's services are used as much as possible for the overhaul of larger components. Therefore, we care for good relationship with these companies in particular with the reactor and turbine suppliers.

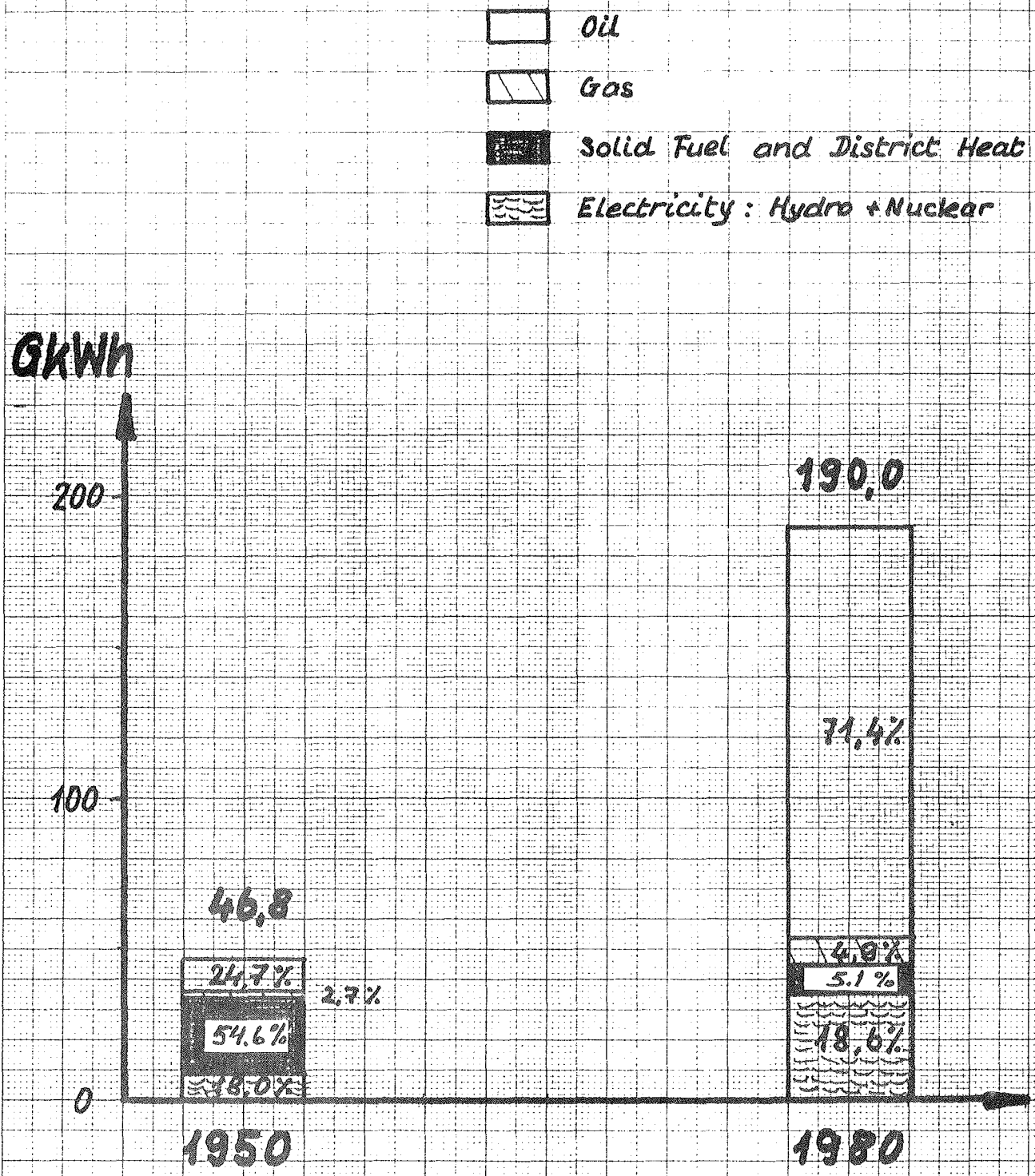
- Licensing authority

There are close contacts between the licensing authority and the operating staff of each power plant which allows open discussion of any safety related operating problem on a technical basis.

3.6 Conclusions

The cooperate effort of suppliers, utilities and authorities have contributed to the excellent operating experience with nuclear power in Switzerland. This experience will help to convince the Swiss people, that nuclear power is a safe, reliable and economic option for energy production.

# Actual Evolution of Total Energy Consumption in Switzerland



# Distribution of Energy Sources in 1975 and 2000 according to the Swiss Total Energy Concept publ. in 1978. (Gesamtenergiekonzeption.)

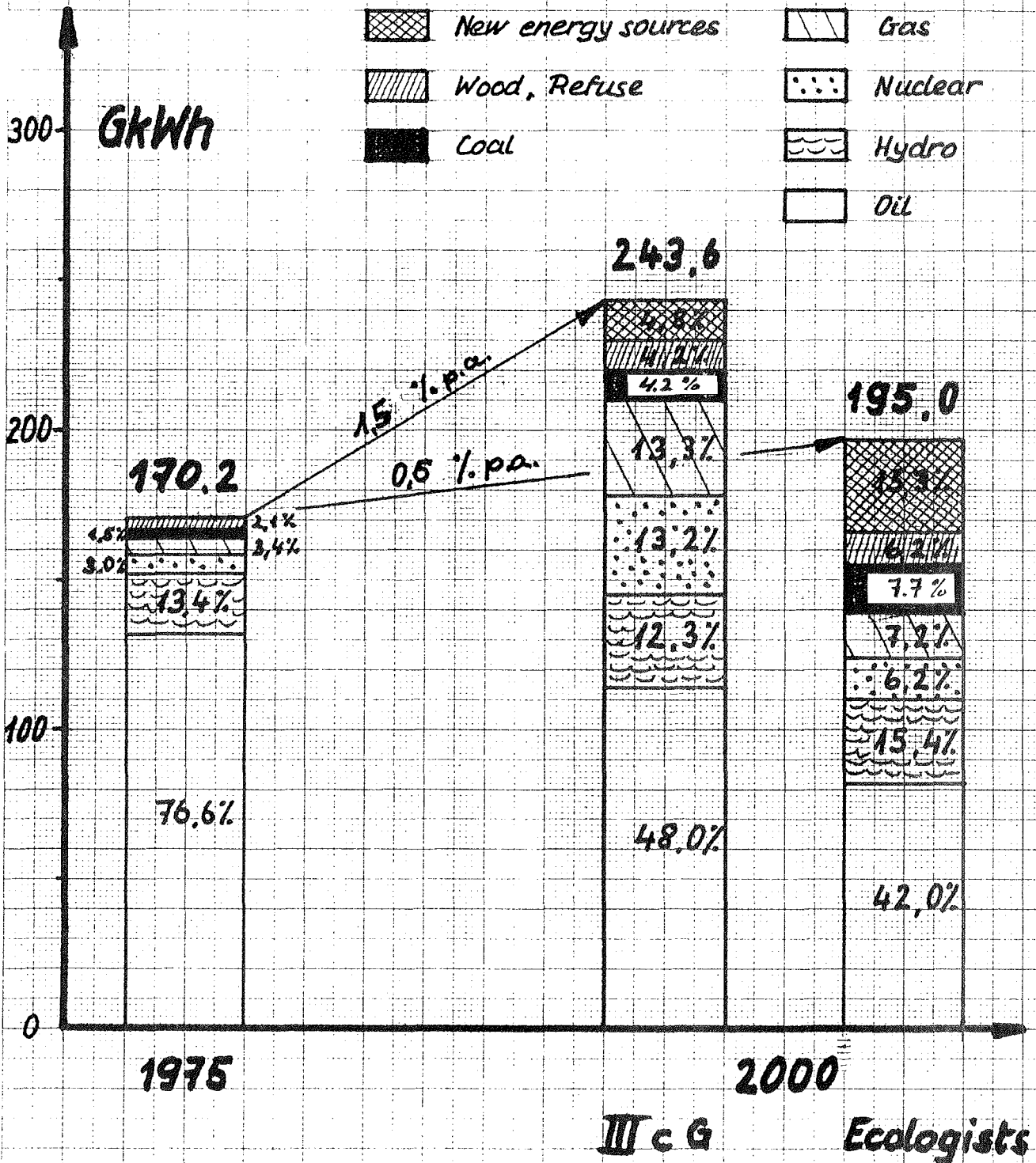
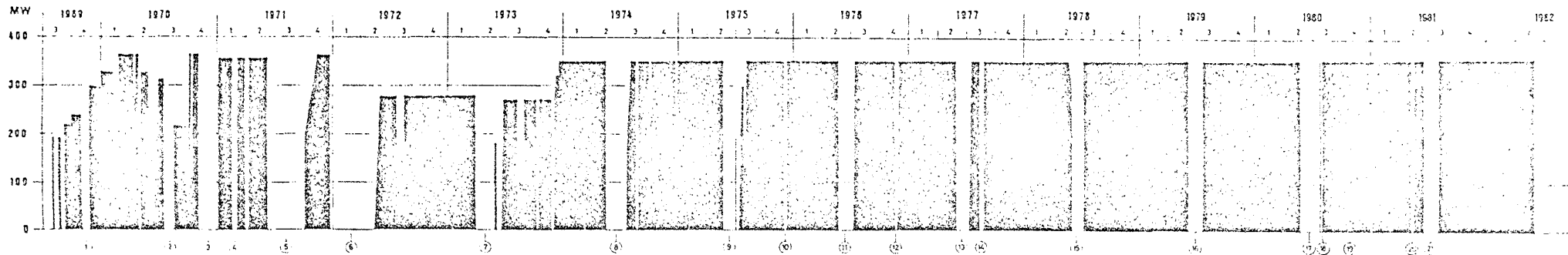


Figure 3 Load Diagram for Beznau I

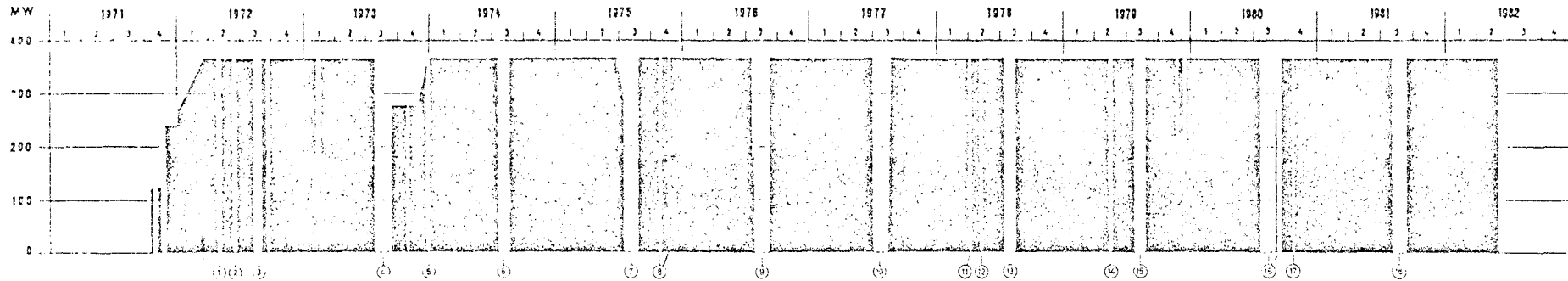


1. General maintenance work and modification of the radwaste system.
2. Shutdown due to low power demand. Repair of a coolant leak in a main pump thermal barrier.
3. Steam generator tube leak repair. Inspection and repair of the main coolant pump seals. Repair of a leakage in a control rod housing seal weld.
4. Repair of the main coolant pump seals.
5. First refuelling and maintenance outage. Eddy-current testing of all steam generator tubes and sealing defective tubes by explosion techniques.
6. Replacement of temperatur sensors in the reactor coolant system. Inspection and testing the steam generators for tube leaks and sealing defective tubes. Continue operation with reduced power in order to decrease the heat load on the steam generators.
7. Second refuelling and maintenance outage. Heat treatment of the two last stages of the low-pressure turbine blades. Removal of the low-pressure preheaters 1 and 2 of both turbines for modifications. Continued operation without these preheaters during the next cycle.
8. Third refuelling and maintenance outage. Removal of the first stage of the high-pressure turbines for modification. Continue operation without these first stages for the next cycle.
9. Fourth refuelling and maintenance outage. Repair of the man-hole cover of steam generator B. Sealing several defective steam generator tubes.
10. Sealing defective steam generator tubes.
11. Fifth refuelling and maintenance outage. Cladding of water-separator walls of turbine 1 with stainless steel sheets. Installation of new heater bundles in the reheaters of turbine 2. Sealing defective tubes in steam generator B.
12. Repair tube leakage in steam generator B.
13. Sixth refuelling and maintenance outage. Modification of emergency core cooling water injection (backfitting). Installation of new heater bundles in the reheaters of turbine 2.
14. Repair tube leakage in steam generator A.
15. Seventh refuelling and maintenance outage.
16. Eighth refuelling and maintenance outage. Extended outage due to small cracks found in several low-pressure turbine blades.
17. Ninth refuelling and maintenance outage. Backfitting work performed on instrumentation and electrical equipment. Outage extension due to steam generator leakage.
18. Repair tube leakage in steam generator B.
19. Repair of an instrument line to the main reactor coolant pump A.
20. Repair tube leakage in steam generator A.
21. Tenth refuelling and maintenance outage. Outage extension due to leakage of the reactor pressure vessel seal and of a steam shutoff-valve.

st

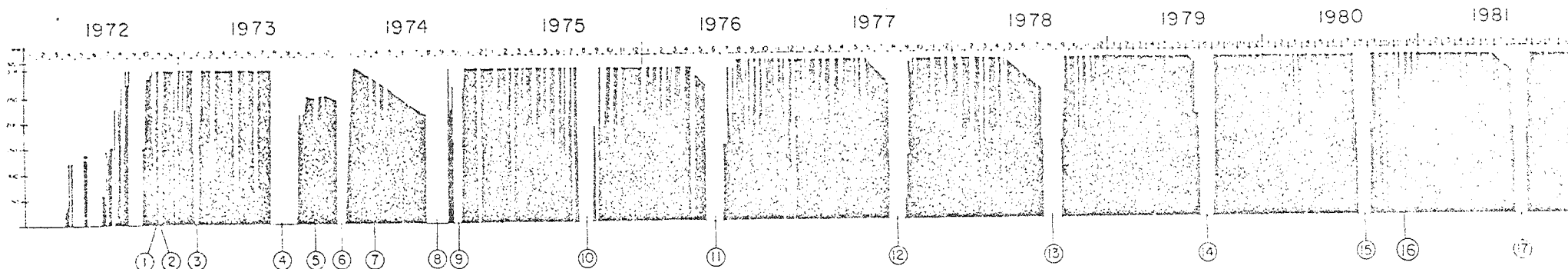


Figure 4 Load Diagram for Beznau II



1. Inspection and repair of turbine stop and control valves. Repair of a flange leak of a pressurizer safety valve.
2. Installation of special warranty instrumentation for heat balance measurements and repair of a steam line safety valve.
3. Removal of the special warranty instrumentation and miscellaneous maintenance and repair work.
4. First refuelling and maintenance outage. Removal of the low-pressure preheaters 1 and 2 of both turbines for modification. Continue operation without these preheaters during the next cycle. Load was restricted to 75 % until the effectiveness of emergency core cooling under these conditions had been verified by analysis.
5. Installation of modified preheaters 1 and 2 of turbine 3. Modification of turbine stop valves and control valves of both turbines. Cleaning of the area above the steam generator tube sheets. Resume operation at 100 % rated power.
6. Second refuelling and maintenance outage. Installation of modified preheater 1 and 2 of turbine 4. Removal of the first stage of the high-pressure turbines for modification. Continue operation without these first stages for the next cycle.
7. Third refuelling and maintenance outage.
8. Repair tube leakage in steam generator B. Caustic ingress from the water demineralizer system to the secondary cooling system
9. Fourth refuelling and maintenance outage. Extended outage due to control rod withdrawal problems.
10. Early beginning of the fifth refuelling and maintenance outage following a steam generator-leak. Modification of emergency core cooling water injection (backfitting).
11. Repair tube leakage in steam generator B.
12. Repair tube leakage in steam generator A.
13. Sixth refuelling and maintenance outage.
14. Repair tube leakage in steam generator A.
15. Seventh refuelling and maintenance outage. Extended inspection of low-pressure turbine blades as new inspection techniques showed small cracks in several blades.
16. Eighth refuelling and maintenance outage. First complete inservice inspection of the reactor pressure vessel. Backfitting work performed on instrumentation and electrical equipment. Outage schedule delayed by steam generator tube leakage, a steam leakage in a pressurizer relief valve and a reactor main coolant pump sealing problem.
17. Repair of tube leakage in steam generator A, of reactor main coolant pump and of a feedwater control valve.
18. Ninth refuelling and maintenance outage. Installation of a hydrogen recombiner (backfitting).

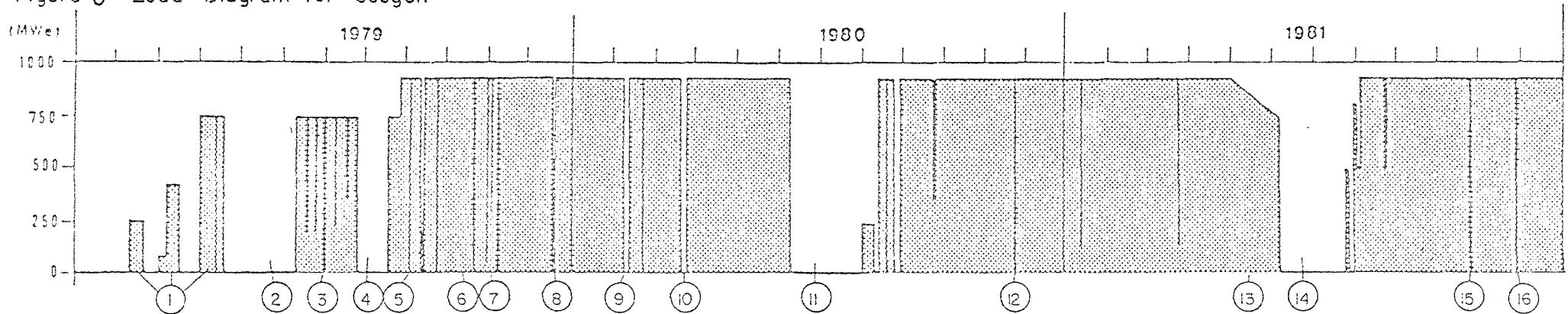
Figure 5 Load Diagram for Mühleberg



1. Beginning of commercial operation.
2. Removal of special warranty instrumentation and minor maintenance work.
3. Failure of the motor-generator set of recirculation pump B. Power limited to 68 % during the 3 weeks repair period.
4. First refuelling and maintenance outage. All fuel channels had to be exchanged because they were damaged by vibrating absorber curtains.
5. Reactor power limited to 85 % to avoid curtain vibrations.
6. Removal of 20 absorber curtains and plugging the holes in the lower reactor plate which caused vibration of core components.
7. Extensive stretch-out of the fuel cycle down to 66% of rated power due to the fact that load factor during the first cycle exceeded the design value considerably.
8. Second refuelling and maintenance outage. Removal of the remaining absorber curtains. Increasing the number of fuel assemblies from 228 to 240. Introducing 116 new fuel assemblies with 3x8 fuel rods. Major overhaul of the turbine-generator set A. Cracks in the feed-water spargers detected.
9. Planned outage for installation of new feedwater spargers.
10. Third refuelling and maintenance outage. Inspection and overhaul of the high pressure turbine B.
11. Fourth refuelling and maintenance outage. All initial core fuel assemblies removed. Drilling two holes in the lower end plates of 160 irradiated fuel assemblies. Final plugging of the holes in the lower core plate. After this outage rated power could be increased from 306 to 320 MWe net.
12. Fifth refuelling and maintenance outage. Inspection and overhaul of the two low pressure turbines A. Repair of a preheater subcooler.
13. Sixth refuelling and maintenance outage. Repainting of the torus. Cladding of water separator A with stainless steel. Inspection and overhaul of generator A.
14. Seventh refuelling and maintenance outage. Repair of a leak in a 4-inch bypass line to a recirculation discharge valve due to intergranular stress corrosion. Cladding of water separator B with stainless steel. New inspection methods showed small cracks in several blades of the low pressure turbines B, probably caused by the fabrication process.
15. Eighth refuelling and maintenance outage. Removal of the bypass lines to the recirculation discharge valves. Inspection and overhaul of generator B. Inspection of the low pressure turbines A for cracks in the blades.
16. Repair of a leaking valve flange in the drywell.
17. Ninth refuelling and maintenance outage. Inspection and overhaul of the high pressure turbine A.

tt

Figure 6 Load Diagram for Gösgen



1. Commissioning phase

2. By government decision as a consequence of the TMI accident, restart of the plant was not allowed until June 12. Because of shifted priorities, the authorities were not in a position to follow the 100% power tests until August 25. Power was restricted to 30% up to that date.

3. Because of low load demand during summer, load was reduced to minimum level during weekends in June and July.

4. Shutdown for modifications during the holiday season.

5. 100% power test phase.

6. Six week acceptance run.

7. A 110m tower for meteorological surveillance was blasted and fell into the 400 KV-switchyard near the plant. The plant stayed disconnected from the grid for nine hours after successful load rejection to station load.

8. Reactor cooldown for the repair of a leaking secondary side valve. During cooldown, small tube leaks on residual heat exchangers were experienced.

9. Steam line isolation at full power during routine safety system test. In addition water hammer damage in the condensate system due to malfunction of a condensate control valve. Changes in system design and test procedures should now prevent recurrence.

10. Discovery of small leakage out of the thermal insulation of the main feed water tank prompted a plant shutdown. Some minor cracks had to be repaired and led to plan for a major repair job during refuelling 1980 and to the decision to order a new tank for installation in 1981. For the rest of cycle 1, the operating pressure of the feed water tank was reduced drastically.

11. First refuelling shutdown. Major work besides feed water tank repair included modifications to the turbine to increase capacity and efficiency, generator inspection, modifications to the moisture separator/reheaters and installation of compact fuel storage racks before core unloading. A fuel element with a defective rod and its' three companion elements could not be reinserted into the reactor. It was subsequently repaired and could be reinserted in 1981.

12. Turbine trip during test on the turbine protection system. Secondary side code safety valve lifted shortly because of interruption of steam dump to condenser due to instrumentation problem; reactor trip could be prevented by operator action.

13. Stretch out operation prior to the second refuelling shutdown. Burn up was compensated by decreasing reactor coolant temperature by about 0,5 K per day. Turbine control valves were kept wide open. Electrical output decreased by about 5 MW per day.

14. Second refuelling shutdown. Besides the installation of a new feed water tank in the turbine hall, the feed water inlets on all three steam generators were modified to decrease thermal stress at the feed water nozzles during low load operation. Further work on the steam generators included eddy current testing and tube sheet lancing. All turbine testing inlet valve castings were thoroughly inspected and repaired for casting flaws.

15. Reactor trip due to insufficient automatic neutron flux reduction following loss of one main coolant pump.

16. Reactor trip due to activation of steam generator tube rupture countermeasures by X-raying in the vicinity of the steam line radiation monitors.

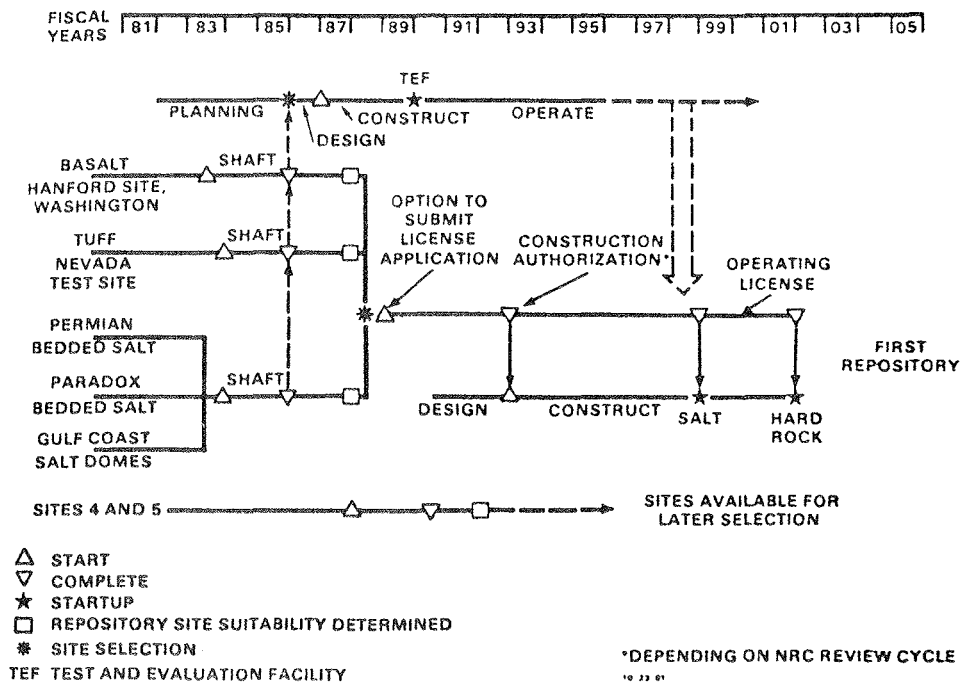
ERI MAIDEN YDINJÄTEHUOLTOSUUNNITELMAT

Seuraavassa luodaan katsaus tärkeimpien ydinenergiamaiden ydinjätehuoltonäkymiin painottaen erityisesti loppusijoitussuunnitelmia

1. YHDYSVALLAT

Reaganin hallintokaudella USA:ssa on pyritty elvyttämään Carterin kaudella jäädytettyä jälleenkäsittelyn ja hyötöreaktoreiden T & K-ohjelmia. Erityisesti kiirehditään korkea-aktiivisten jätteen (HLW) loppusijoituksen demonstroimista, sillä jätteen on katsottu olevan yhden suurimmista ydinvoiman kehitystä jarruttavista tekijöistä. USA:ssa HLW:n loppusijoituksen toteutus on energiaministeriön, DOE:n (Department of Energy) vastuulla. Loppusijoituksen rahoittamiseksi on tarkoitus perustaa rahasto, johon varat perittäisiin voimayhtiöiltä energiaverona 1 millis/kWh (n. 0,5 p/kWh).

Korkea-aktiivisten ydinjätteen loppusijoituksen toteuttamiseksi perustettiin v. 1980 laaja NWTS (Nuclear Waste Terminal Storage) -ohjelma, jonka aikataulu on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1 DOE:n NWTS-ohjelman aikataulu

NWTS-ohjelman eri vaiheet ovat seuraavat:

- koekuilujen rakentaminen kolmella sijoituspaikalla (basaltti, tuffi, suola) 1983 alkaen tavoitteena paikan soveltuvuuden selvittäminen.

- In-situ syväkokeet kuiluissa 1985 alkaen tavoitteena sijoitustilan geotekninen suunnittelu.
- TEF (Test and Evaluation Facility) tavoitteena sijoituksen toiminnallinen verifiointi. Paikanvalinta 1986 (yksi kolmesta), rakentaminen 1987 alkaen, valmis 1990.
- 1. sijoituspaikan valinta ja rakennuslupahakemus 1988, rakennuslupa 1993, käyttölupa 1998...2002.
- Rinnan edellisten kanssa selvitetään vaihtoehtoisia sijoituspaikkoja (mm. graniitti) myöhempien loppusijoitustilojen rakentamista varten.

NWTS-ohjelman lisäksi Reaganin kaudella on uudelleen käynnistetty WIPP (Waste Isolation Pilot Plant) -projekti New Meksikossa; tavoitteena on sijoittaa suolamuodostumaan asetuotannossa syntynyttä TRU-jätettä (transuraanipitoista) sekä koemielessä pieni määrä HLW:tä, joka myöhemmin poistetaan sijoitustilasta. Sijoitustilan rakentaminen on tarkoitus aloittaa 1983 ja valmis se on suunnitelmien mukaan 1989. Koska kyseessä on asetuotantojäte (defense waste), NRC ei osallistu lupakäsittelyyn. Institutionaalaisia ongelmia silti riittää, sillä New Meksikon osavaltio ja eräät painosturyhmät yrittävät pistää kapuloita ratkaisiin.

Korkea-aktiivisten jätteiden sijoituksesta ovat sekä EPA (Environmental Protection Agency) että NRC (Nuclear Regulatory Commission) julkaisseet hiljattain sääntöehdotuksensa. EPA:n Standardin 40 CFR Part 191 keskeisen kriteerin mukaan 100 000 tonnista käytettyä polttoainetta, tai siitä peräisin olevista jätteistä saa loppusijoitettuna aiheutua 10 000 vuoden aikana korkeintaan 1 000 terveysvaikutusta. NRC:n säännöksessä 10 CFR Part 60 esitetään HLW-sijoituksen lisensointiproseduuri, sekä suorituskykyvaatimuksia HLW:n loppusijoitukselle; näiden mukaan EPA:n kriteerien lisäksi sijoitukselle asetetaan seuraavat vaatimukset:

- jäteastioiden tulee kestää tiiviinä ensimmäiset 1 000 vuotta
- nuklidien vapautumisnopeus sijoitustilasta ei saa ylittää vuoden aikana osaa  $10^{-5}$  niiden maksimi-inventaariosta
- pohjaveden kulkuajan sijoitustilasta elinympäristöön tulee olla vähintään 1 000 vuotta

Näitä EPA:n ja NRC:n kriteereitä on mm. DOE kritisoinut melkoisesti.

Keski- ja matala-aktiiviset jätteet (LLW & ILW) USA:ssa on perinteisesti sijoitettu maahanhautauspaikoille, joista nykyään on käyttölupa vain kolmella: Barnwell (Nort Carolina), Beatty (Nevada) ja Hanford (Washington). Vuoden 1980 Low-level waste Policy Act säättää, että vuoden 1986 alkuun mennessä kunkin osavaltion tulee järjestää keski- ja matala-aktiivisten jätteiden sijoitus (poisluettuna defense waste ja DOE:n R&D-jäte) joko omalla alueellaan

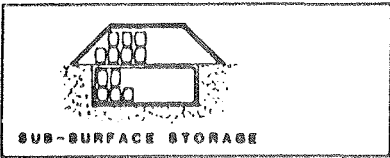
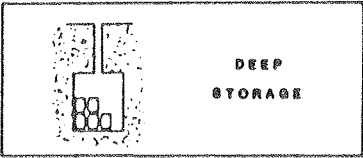
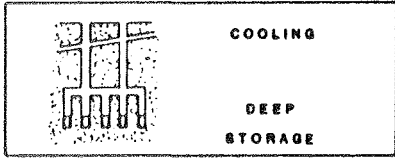
tai muodostamalla usean osavaltion välinen yhteenliittymä. NRC julkaisi vuonna 1981 LLW & ILW säännöksensä 10 CFR Part 61, jossa huomattavasti tiukennetaan jätepakauksia ja niiden sijoitusta koskevia vaatimuksia.

Edellämainituista syistä aiheutuu, että USA:ssa on jouduttu perusteellisesti arvioimaan uudelleen LLW & ILW huoltokäytäntöä. Jätepakkausten ominaisuuksien parantamiseksi on kehitetty uuden sukupolven käsittelyprosesseja, jotka mahdollistavat tehokkaan tilavuudenpienennyksen. Monessa osavaltiossa aika on käymässä vähiin jätteiden sijoituspaikkojen lisensoinnissa, sillä institutionaalisten ja poliittisten esteiden selvittäminen on aikaavieppää.

## 2. RANSKA

OECD-maista Ranska on edennyt pisimmälle suljettuun polttoainekiertoön tähtäävässä kehitystyössä: jälleenkäsittelylaitos, lasituslaitos ja hyötöreaktori ovat jo varsin kypsässä kehitysvaiheessa. Hallituksen vaihtumisenkaan ei tuone oleellista muutosta ydinenergiapolitiikkaan.

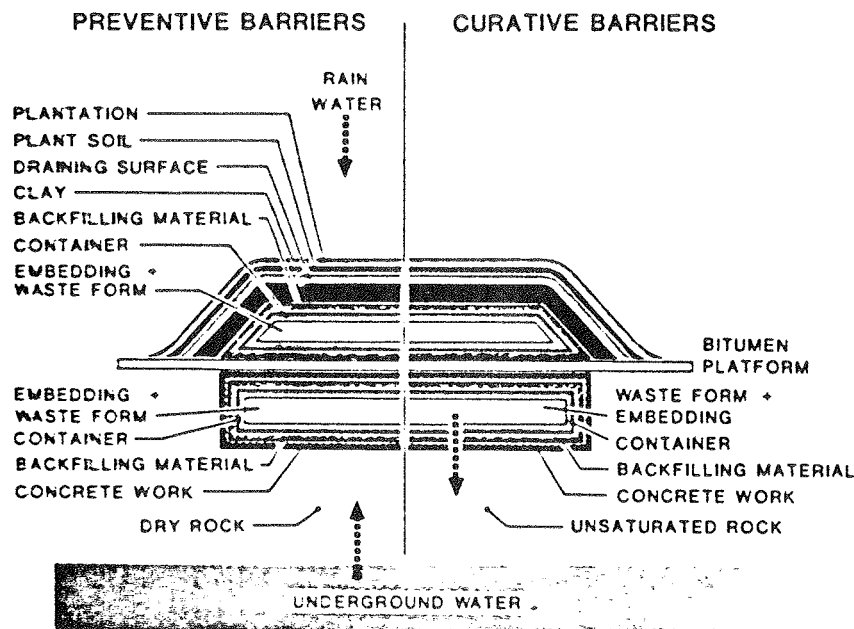
Ranskassa EdF vastaa radioaktiivisten jätteiden käsittelystä voimalaitoksilla ja COGEMA polttoainekierron jätteiden käsittelystä. Radioaktiivisten jätteiden loppusijoituksen T & K-työtä, sekä loppusijoitustilojen suunnittelua, rakentamista ja käyttöä varten perustettiin 1979 kansallinen ydinjätehuoltovirasto, ANDRA (Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs).

| CATEGORY 'A'  |                            | CATEGORY 'B'   |  | CATEGORY 'C'  |  |
|---|----------------------------|--|--|---|--|
| BETA-GAMMA WASTES   |                            | ALPHA WASTES   |  | VITRIFIED WASTES  |  |
| SHORT HALF-LIVES' LOW AND INTERMEDIATE ACTIVITY                                     |                            | LONG HALF-LIVES' LOW AND INTERMEDIATE ACTIVITY                                       |  | LONG HALF-LIVES' HIGH ACTIVITY'   |  |
| $^{137}\text{Cs}$ 30 Years  | $^{90}\text{Sr}$ 30 Years  | $^{237}\text{Np}$ 210 <sup>6</sup> Years   | $^{239}\text{Pu}$ 2.410 <sup>4</sup> Years | $^{237}\text{Np}$ 60 <sup>6</sup> Years   | $^{90}\text{Sr}$ 90 <sup>6</sup> Years |
| $^{60}\text{Co}$ 5 Years  | $^{55}\text{Fe}$ 2.5 Years | $^{243}\text{Am}$ 8.10 <sup>3</sup> Years  | $^{241}\text{Am}$ 4.10 <sup>2</sup> Years  | $^{243}\text{Am}$   | $^{241}\text{Am}$                      |
|  |                            |  |  |  |  |
| SUB-SURFACE STORAGE   |                            | DEEP STORAGE   |  | COOLING<br>DEEP STORAGE   |  |
| TRANSPORT-HANDLING  |                            | TRANSPORT-HANDLING   |  | TRANSPORT-HANDLING  |  |
| NON-IRRADIATING <200mrad/h  |                            | NON-IRRADIATING <200mrad/h   |  | IRRADIATING >>200mrad/h   |  |
| IRRADIATING >200mrad/h  |                            | IRRADIATING >200mrad/h   |  |   |  |
| CUMULATED PRODUCTION IN THE YEAR 2000 ~800.000m <sup>3</sup>                        |                            | CUMULATED PRODUCTION IN THE YEAR 2000 ~35.000m <sup>3</sup>                          |  | CUMULATED PRODUCTION IN THE YEAR 2000 ~2.000m <sup>3</sup>                            |  |

Kuva 2 Radioaktiivisten jätteiden luokittelu loppusijoitusta varten Ranskassa

Loppusijoitusta varten jätteet jaotellaan Ranskassa kolmeen luokkaan: A-Luokka: LLW & ILW, B-luokka: TRU-ILW ja C-luokka: HLW. Kuvassa 2 on esitetty eri jäteluokkien ominaisuuksia ja niille suunniteltu loppusijoitustapa.

A-luokan jätteet on tähän asti sijoitettu La Haguen keskittettyyn pitkäaikaisvarastoon, joka on kaivanto-kumpu-tyyppinen maanhautauspaikka. Vuoteen 1985 mennessä on tarkoitus rakentaa uusi pitkäaikaisvarasto A-luokan jätteille: periaatekuva on esitetty kuvassa 3. Suunnitelmien mukaan sijoituspaikkaa valvotaan tehokkaasti noin 300 vuotta, jonka jälkeen alue vapautuu rajoituksettomaan käyttöön. Sijoituspaikkana on Saint Priest de la Prunge.



Kuva 3 A-luokan jätteiden pitkäaikaisvaraston barriäarit

B-luokan jätteet on toistaiseksi välivarastoitu Centre de la Manchessa. Sijoitustilaratkaisu on suunnitteilla, ja sijoitustila mahdollisesti valmistuu 1980-luvun loppuun mennessä.

C-luokan jätteet (lasitustuotteet) on välivarastoitu jälleenkäsittelylaitoksella ilmajäähdytetyissä varastoissa. Lopullista päätöstä loppusijoituksen demonstraatiosta ei ilmeisesti vielä ole. Eräiden suunnitelmien mukaan loppusijoituspaikka valitaan 1986. Kallioperätutkimuksia graniittimuodostumissa on Ranskassa tehty ainakin CEC:n (Commission of European Communities) tutkimusohjelman puitteissa.

Vaihtoehtoisena ratkaisuna Ranskassa harkitaan loppusijoituksen lykkäämistä ja lasitustuotteiden pitkäaikaisvaras-



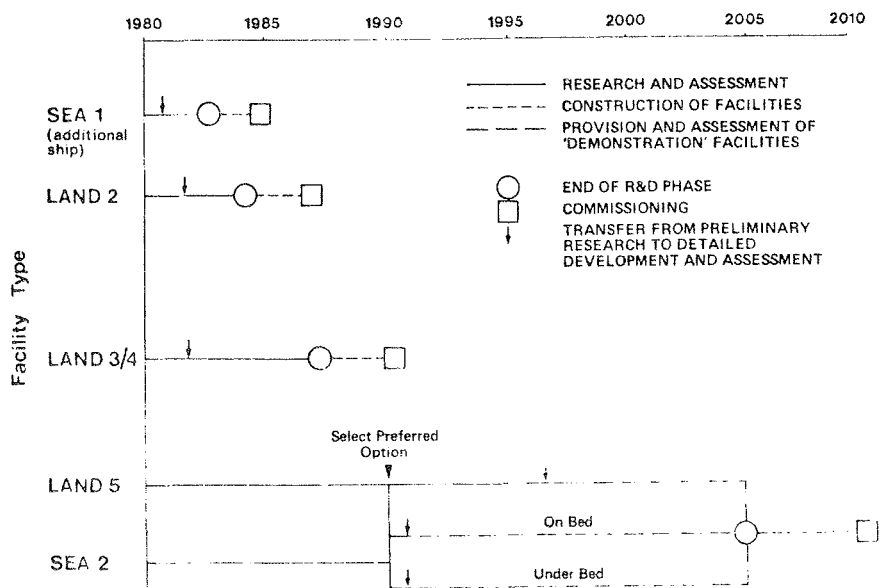
tointia jopa 150 vuoden ajan.

### 3. ISO-BRITANNIA

Myös Iso-Britannian ydinjätehuolto perustuu jälleenkäsittelyvaihtoehtoon.

Department of the Environment päättää ydinjätehuollon suuntaviivoista ja koordinoi tutkimus- ja kehitystyötä. Jätteen sijoituksen toimeenpanevasta organisaatiosta ei ole lopullista päätöstä; sellaiseksi on ehdotettu valtiollista korporaatiota.

Nykyisin jätteen sijoitukseen käytetään kahta menetelmää: LLW:n maahanhautausta kaivantoihin Driggsissä Windsalen lähistöllä (Land 1) ja LLW & ILW:n mereen upotusta (Sea 1) Lontoon sopimuksen puitteissa. Suunnitteilla on laajentaa loppusijoitustoimintoja kuvan 4 aikataulun mukaisesti.



Kuva 4 Iso-Britannian loppusijoitushankkeiden aikataulu

Sijoitustapa eri hankkeissa on seuraavat:

- Sea 1: Uuden laivan hankkiminen mereenupotustarkoitukseen
- Land 2: Kaivannot 20...30 m syvyyteen lyhytikäisiä radioaktiivisia jätteitä varten
- Land 3: Olemassaolevien kaivosten ja luolien (syvyys 100...300 m) modifiointi pitkäikäisiä keskiaktiivisia jätteitä varten
- Land 4: Rakennettu sijoitustila n. 300 m syvyyteen kalliooperään jätteille, jotka eivät kehitä merkittä-

västi lämpöä

Land 5: Vastaava kuin Land 4, mutta voimakkaasti lämpöä kehittäville jätteille

Sea 2: Sijoitus meren pohjaan tai sen sisään, myös voimakkaasti lämpöä kehittävät jätteet tulevat kysymykseen

Land 4 hankkeeseen liittyen on tehty koeporauksia Harwellissa, ja Land 5 hankkeeseen liittyen 1979 tehtiin porauksia Skotlannissa. Nykyään poraukset on jäädytetty paikallisen väestön vastustuksen vuoksi.

Sea 1, Land 2, 2 ja 4 hankkeiden toteuttaminen katsotaan kiireellisiksi. HLW-lasitustuotteiden sijoituksen (Land 5 ja Sea 2) kiireellisyydestä ei ole yksimielisyyttä: mm. Radioactive Waste Management Advisory Committee on suosittelut HLW:n pitkäaikaisvarastointia ainakin 50 vuoden ajan.

#### 4. SAKSAN LIITTOTASAVALTA

Saksan Liittotasavallan suunnitelmat rakentaa DDR:n rajalla sijaitsevaan Gorlebeniin Entsorgungszentrum, ydinjätehuoltolaitosten keskus, kariutuivat Gorleben Hearingia seuranneeseen Ala-Saksin osavaltion hallituksen kielteiseen päätökseen. Vuonna 1980 liittovaltion ja osavaltioiden hallitukset päättivät revidoiduista entsorgung-periaatteista seuraavasti:

1. Entsorgung-keskuksen sijaan luodaan hajautettu entsorgung-laitosten verkosto
2. Vaihtoehtoisena ratkaisuna selvitetään vuoteen 1985 mennessä käytetyn polttoaineen suorasijoituksen mahdollisuus
3. Gorlebenin suolakaivoksen soveltuvuus HLW/käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen verifioidaan; päätös 1980-luvun loppupuoliskolla
4. Tarvittavat entsorgung-laitokset rakennetaan 1990-luvun loppuun mennessä
5. Käytetyn polttoaineen välivarastointia varten lisätään kapasiteettia voimalaitoksilla ja rakennetaan away-from-reactor-varastoja (Ahaus, Gorleben)

Jätehuoltoratkaisuja kiirehtii vuonna 1980 tehty periaatepäätös, jonka mukaan uusia voimalaitosten rakentamislupia ei myönnetä vuoden 1985 jälkeen ennekuin HLW laitosten sijoituspaikoista on päätetty. Vuonna 1985 ratkaistaan,

perustuuko Liittotasavallan ydinjätehuolto jälleenkäsittelyvaihtoehdon varaan, jota nykyään priorisoidan, vaiko suorasisjoituksen varaan.

Nykyään Saksan Liittotasavallassa on meneillään seuraavat ydinjätehuollon hankkeet:

- Jälleenkäsittely: DWK aloittanut 350...700 tU/a laitosten lisensiointiprosessin, sijoituspaikkoina Hessenin ja Baijerin osavaltioissa toistaiseksi tarkemmin määrittämättömät paikkakunnat.
- HLW-lasitus: 1981 aloitettiin PAMELA-prosessin rakentaminen Eurochemic'n Mol'n tutkimuslaitoksen yhteyteen.
- HLW-loppusijoitus: Suorasta loppusijoituksesta laaditaan turvallisuustekninen selvitys 1982. Laaja vertailututkimus jälleenkäsittely/suorasisjoitus-vaihtoehdoista tehdään 1985 mennessä.
- LLW ja ILW loppusijoitus: Konradin rautakaivoksen soveltuvuustutkimus on loppuunsaatettu ja lisensiointiprosessi on aloitettu. Myös Asse II suolakäivoksen uudelleen lisensiointia harkitaan.

## 5. RUOTSI

Koska Ruotsilla ei ole aikeita rakentaa polttoaineen jälleenkäsittelylaitosta, sen ydinjätehuollon linja on riippuvainen ulkomaisten jälleenkäsittelypalvelujen tarjonnasta ja kustannuksista, mitkä lähitulevaisuudessa ovat varsin epävarmoja. Siksi Ruotsi satsaa ydinjätehuoltosuunnitelmissaan molempien päävaihtoehtojen - jälleenkäsittelyn ja suorasisjoituksen varaan.

Ruotsin ydinvoimalaitosten ydinjätehuoltoa varten on perustettu SKFB (Svensk kärnbränsleförsörjning)-yhtiö. Kuvassa 5 on esitetty SFBF:n ydinjätehuollon tavoiteaika-  
taulu.

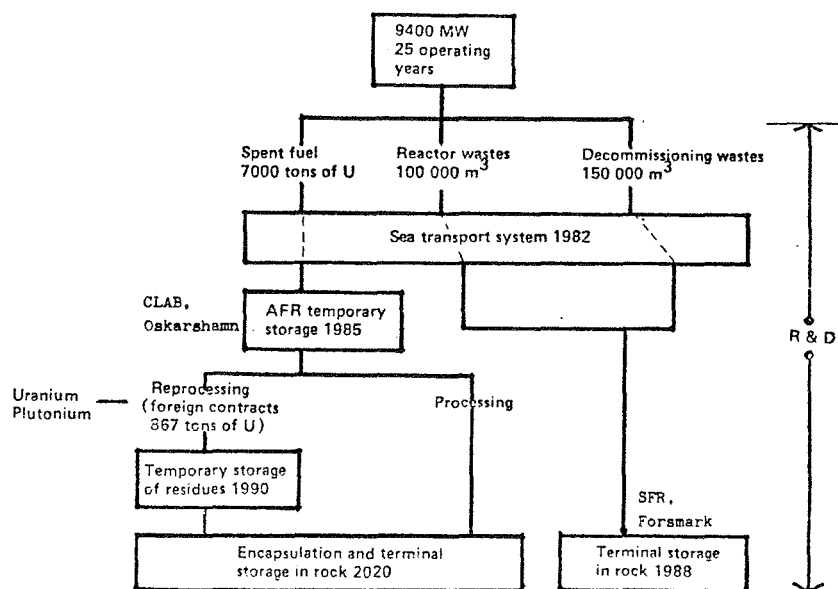
Voimalaitosjätteet, ja myöhemmin myös aktivoituneet metallijätteet sekä voimalaitosten käytöstäpoistojätteet on tarkoitus sijoittaa Forsmarkin edustalle meren alaiseen kallioperään rakennettavaan sijoitustilaan työnimeltään SFR (Slutförvar för reaktoravfall). Kahden ensimmäisen etapin arvoidut kustannukset ovat noin 1 GSEK.

HLW:n sijoitukselle ruotsalaiset ovat omaksuneet seuraavat periaatteet.

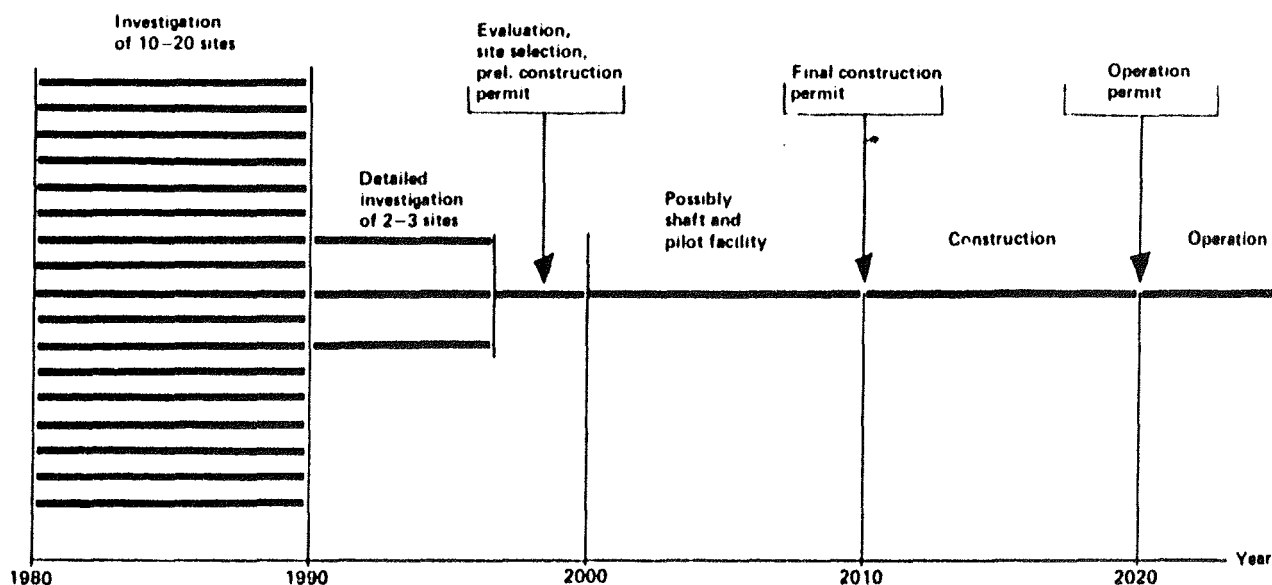
- jätteiden huolto ei saa periytyä tuleville sukupolville
- ratkaisu perustuu korkeaan turvallisuustasoon

- sekä kansalliseen tekniikkaan ja sijoituspaikkaan sijoitussuunnitelmat perustuvat rajoitetulle ydinvoimahjelmalle (12 reaktoria)
- kallioperän terminen häiriö on rajoitettu alle 100 °C

SWEDEN'S PROGRAM FOR THE NUCLEAR POWER BACK END



Kuva 5 Ruotsin ydinjätehuollon ohjelma



Kuva 6 Ruotsin HLW-sijoituksen tavoiteaikataulu

Kuvassa 6 on esitetty Ruotsin HLW-sijoituksen tavoiteaika-  
taulu; lähtökohtana on laaja paikanvalintaohjelma. Käynnissä olevan HLW-sijoituksen koeohjelman lisäksi Ruotsi toimii loppusijoituksen erilliskysymyksiä selvittävän kansainvälisen Stripa-projektin isäntänä.

## 6. KANADA

Kanadan CANDU-tyyppiset reaktorit käyttävät väkevöimätöntä polttoainetta, jonka jälleenkäsittelyssä saavutettava hyöty on vähäisempi kuin väkevöidyn polttoaineen tapauksessa. Tästä syystä Kanadassa priorisoidaan nykyään käytetyn polttoaineen suorasijoitusta, joskaan jälleenkäsittelyvaihtoehtokaan ei ole täysin poissuljettu.

HLW-sijoitusta varten Kanadassa on käynnissä laaja tutkimusohjelma, jonka pääasiallinen suorittaja on AECL (Atomic Energy of Canada Limited). Sijoituspaikkatutkimukset keskittyvät etupäässä graniitti- ja gabromuodostumiin, jotka geologisesti ovat samantyyppistä kuin Skandianavian kallioperä. Loppusijoituskokeita varten on 1983 puolivälissä tarkoitus aloittaa maanalaisen tutkimuslaboratorion rakentaminen (URL, Under ground Resecrch Laboratory) 300...500 m syvyyteen Whiteshellin ydintutkimuskeskuksen lähistölle Ontariossa. Kokeissa ei ole tarkoitus käyttää aktiivisia jätteitä; silti paikallisessa väestössä on syntynyt hankkeen vastustushenkeä.

Seuraavassa vaiheessa on tarkoitus rakentaa demonstraatiolaitos HLW-sijoitukselle; tämä tuskin tapahtuu ennen 1990. Täydessä laajuudessaan sijoitustoiminta ei siten voine alkaa ennen vuotta 2000.

Keski- ja matala-aktiivisia jätteitä on Kanadassa 1950-luvulta asti haudattu maahan Chalk Riverin lähistöllä. Voimalaitosjätteiden huoltokäytäntö on kuitenkin muotoutumassa uudelleen: tavoitteena on jätteiden pitkälle viety lajittelu ja sijoitus jätelajin ominaisuuksien perusteella. Ontario Hydrolla on käytettävissä tehokas polttolaitos palaville jätteille. Suunnitteilla on jätteiden asettamien vaatimusten mukaisesti erityyppisiä sijoitustiloja: maahanhautausta paikka, sijoitustila kiteisessä kalliiossa 100...200 m syvyydessä, sijoitus HLW sujoitustilojen yhteyteen.

## 7. JAPANI

Japanin ydinjätehuolto perustuu jälleenkäsittelyyn. Nykyisen Tokain jälleenkäsittelylaitoksen tilalle aiotaan rakentaa uusi, kapasiteetiltaan 1 200 tU/a, jonka toivotaan valmistuvan 1990. HLW-lasituslaitoksen kehittäminen on hyvässä vauhdissa, pilot-plant aiotaan saada valmiiksi 1987. T & K-työstä vastaavat valtiolliset organisaatiot PNC (Power reactor and Nuclear fuel development Corporation) ja JAERI (Japan Atomic Energy Research Institute).

Käytetyn polttoaineen huototoimenpiteet on keskitetty yksityiselle organisaatiolle Japan Nuclear Fuel Service Co.

HLW-loppusijoituksessa Japanissa on ollut kaksi päälinjaa: geologinen sijoitus ja meren pohjaan sijoitus. Koska kansallinen ja kansainvälinen hyväksyntä lienee helpommin saavutettavissa geologiselle sijotukselle, tutkimus painottuu tähän. Soveltuvien geologisten muodostumien tutkiminen aiotaan saattaa loppuun vuoteen 1983 mennessä. Tämän jälkeiset tutkimusvaiheet ovat seuraavat: 1) valittujen mahdollisten sijoitusalueiden selvitykset, 2) in-situ kokeet simuloituilla jätteillä, 3) in-situ kokeet todellisilla jätteillä ja 4) koesijoitus. Tavoitetaikataulua ei ole ilmoitettu.

LLW & ILW-sijoitukseen aiotaan soveltaa sekä maahanhautausta että mereenupotusta. Suunnitteilla on keskitetty maahanhauta-alue, johon rakennetaan usean tyyppisiä maahanhautaustiloja eri jätelajeille. Mereen upotusta varten on rakennettu laiva ja testattu tähän soveltuvia astioita.

## 8. SVEITSI

Sveitsin vuoden 1979 revidoidussa atomienergiialaissa vaaditaan hyväksyttäviä suunnitelmia ydinjätehuollolle; määräjäksi suunnitelmien esittämiseksi on asetettu 1985. Lain vaatimusten täyttämiseksi on Sveitsissä käynnissä ns. turvallisuustakuuprojektit, joiden deadline on vuodessa 1985. Jätteen tuottajat ovat muodostaneet kansallisen korporaation NAGRAn (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) ydinjätehuollon tutkimus- ja kehitystyötä, suunnittelua ja toimeenpanoa varten.

Myös Sveitsi priorioi jälleenkäsittelyvaihtoehtoa. Koska oman laitoksen rakentaminen ei ole taloudellista, Sveitsin on turvautuminen ulkomaisiin, lähinnä Ranskan COGEMAn ja Iso-Britanian BNFL:n palveluksiin. Perintönä vuoden 1980 jälkeen solmituista sopimuksista tulee jätteitä, ensimmäiset HLW-palautukset ajoittunevat vuosiin 1992 - 1993. Jälleenkäsittelyvaihtoehdon lisäksi sveitsiläiset varautuvat myös suorasijoitusvaihtoehtoon.

Sveitsissä on suunnitteilla kolmen tyyppisiä sijoitusratkaisuja eri jätelajeille, nämä ilmenevät taulukosta 1.

Taulukko 1

## Sveitsin loppusijoituskonseptit

| Jätetyyppi        | Loppusijoitustilan tyyppi                            | Geologinen muodostuma                 |
|-------------------|--|---------------------------------------|
| LLW, lyhytikäinen | A, onkalo maan pintakerroksissa                      | Lukuisia mahdollisuuksia              |
| ILW, LLW          | B, kallioluola 100...600 m syvyydessä                | Anhydriitti, savi, merkeili, kiteinen |
| HLW, TRU-jäte     | C, kallioluola tai syvä poranreikä 600...2 500 m:ssä | Kiteinen, savi                        |

B-tyyppisen sijoitustilan suunnittelu on hyvässä vauhdissa. Konsturkioltaan ja kustannuksiltaan ratkaisu vastaa suunnilleen Ruotsin SFR-suunnitelmaa. Sijoituspikkaa ei ole vielä lopullisesti määritetty. Myös Sveitsi on harrastanut ILW mereenupotusta Lontoon konvention puitteissa.

C-tyyppisen, HLW:lle tarkoitetun sijoitustilan suunnittelua varten on valittu 12 paikkaa koeporauksia varten; porauslupien saaminen on kuitenkin osoittautunut ongelmalliseksi. Todennäköinen sijoituspaikka on Pohjois-Sveitsissä, missä on verraten stabiileja graniittimuodostumia paksun sedimenttikerroksen peittämänä.

Seuraavassa on esitetty yhteenveto Sveitsin ydinjätehuollon aikataulusta.

|             |  |
|-------------|--|
| 1985        | Turvallisuustakuu-selvitysprojektien loppuunsaattaminen  |
| 1985 - 1995 | - LLW/ILW välivarastojen rakentaminen<br>- LLW/ILW loppusijoitustilan rakentaminen (B-tyyppi)<br>- AFR-välivarasto HLW:lle ja TRU-jätteelle<br>- AFR-välivarasto käytetyille polttoainelle |
| 2000...     | Loppusijoitustilan rakentaminen LLW:lle ja käytöstäpoistojätteelle (A-tyyppi)  |
| 2020...     | Loppusijoitustilan rakentaminen HLW:lle (C-tyyppi)   |



Sveitsin säteilyturvallisuusviranomaiset ovat asettaneet rajan 0.1 mSv/a kaiken tyyppisistä sijoitustiloista aiheutuille yksilön enimmäisannokselle.

## 9. BELGIA

Belgia turvaa ydinjätehuollossaan Ranskan COGEMA:n jälleenkäsittelypalveluihin. Ydinjätehuollon käytännön toimia varten, rahoitusjärjestelyt mukaanlukien Belgiaan perustettiin vuonna 1980 kansallinen organisaatio NIRAS (National Institute for Radioactive Wastes and Fissile Materials). Jälleentuottajat vapautuvat huoltovastuusta luovutettuaan jätteet NIRAS:lle hyväksyttävään muotoon pakattuna ja suoritettuaan maksun NIRASin hoitamaan rahastoon.

Belgian geologia ei tarjoa paljon vaihtoehtoja jätteiden sijoitukselle; savimuodostumat ovat ainoa mahdollisuus. Mol'n lähistölle on jo rakenteille HLW ja TRU-jätteiden sijoitusta varten koelaitos 225 m syvyyteen savimuodostumaan. In-situ syvätestit alkavat vuonna 1983, ja tutkimusvaihe kestää vuosisadan loppuun. Kiirettä ei ole sillä HLW-lasitustuotteita aiotaan varastoida ainakin 50 vuotta ennen sijoitusta.

LLW & ILW-huollossa Belgiassa suuntauksena on palavien jätteiden poltto, nestejätteiden pitkälle viety puhdistus ja kiinteytystuotteiden mereenupotus Lontoon sopimuksen puitteissa. Myös maahanhautausvaihtoehtoa selvitetään, mutta suunnitelmia tästä ei vielä ole.

## 10. NEUVOSTOLIITTO

Neuvostoliiton ydinjätehuoltosuunnitelmat perustuu luonnollisesti jälleenkäsittelyvaihtoehtoon. Kovin tarkkaa tietoa Neuvostoliiton jälleenkäsittelyn kypsyyssasteesta ei ole, ilmeisesti uuden sukupolven jälleenkäsittelylaitos on pilot-plant asteella. Myös HLW-lasitusprosessia on pitkään kehitelty, ja lasitustuotteiden välivarastosta on julkaistu suunnitelmia.

HLW-loppusijoitusvaihtoehtojen evaluoimiseksi Neuvostoliitossa on käynnissä laaja tutkimusohjelma. Mahdollisina loppusijoitusympäristöinä tarkastellaan mm. suola-, savi-, graniitti-, diabaasi- ja tuhkakivimuodostumia. Loppusijoitusratkaisuksi on kaavailtu useita variantteja, yleisesti ottaen ne ovat pelkistetympiä kuin esim. Ruotsin KBS-konsepti.

Neuvostoliiton HLW-loppusijoituksen aikataulua ei ole julkaistu, arvattavasti se on melko väljä. Tähän on nähtävissä useitakin syitä. Neuvostoliitossa ei ole yleisesti mielipiteestä johtuvaa painetta loppusijoituksen demonstroimiseen. Ennen loppusijoituspaikan varaamista

täytyy kartoittaa alueella mahdollisesti olevat luonnonvarat. Käytettävissä oleva loppusijoitustekniikka saattaa tulevaisuudessa kehittyä merkittävästi.

Neuvostoliitossa on koemielessä pumpattu nestejätteitä poranreikien kautta syvälle huokoiseen maaperään (mm. kalkkikivi ja dolomiittikerrostumat) joka sijaitsee vettä huonosti läpäisevien kerrosten välissä. Kokeita on tehty mm. Uljanovskin voimalaitoksen ympäristössä vuosina 1972...1976. Määrät ovat olleet kunnioitettavia (ainakin pienen maan perspektiivissä): 1 500 m<sup>3</sup> - n. 100 MCi. Menetelmän laajemmasta käyttöönotosta ei ole raportoitu.

Keski- ja matala-aktiiviset jätteet varastoidaan pääosin nestemäisinä Loviisa-tyyppisissä säiliövarastoissa. Näiden jätteiden kiinteyttämiseen on kehitelty bitumointiprosesseja, joita otettaneen käyttöön lähiaikoina. Myös vaihtoehtoisia kiinteytysmenetelmiä on kehitteillä. Loppusijoitusta varten on tarkoitus perustaa alueellisia loppusijoituspaikkoja, teknisistä ratkaisuista ei kuitenkaan ole vielä päätöksiä. Tutkimuslaitoksissa syntyville jäteille on olemassa maan pintakerrokseen sijoitettuja betoniallas-tyyppisiä loppusijoituspaikkoja.