

ATS

Ydintekniikka n:o 1/1979

ENS NEWSLETTER 11/79	2
Mm. Loviisa 1 Start-up and Operation (up to Oct. 78)	
LOVIISA 1 VUONNA 1978	13
ENERGIATALOUDEN KEHITYS SUOMESSA V, 1978	14
EPN:N ESITYS SUOMEN ENERGIAPOLIITTISEKSI OHJELMAKSI	17
EPN:N SUUNTAVIIVAT ENERGIATUTKIMUKSELLE	19
TAPAUSET THREE MILE ISLAND	23
STL:n tiedonantoja	
SÄHKÖN ERI TUOTANTOMUOTOJEN TERVEYDELLISTEN RISKIEN ARVIOINTI JA VERTAILU	32
H. Inhaber	
SUOMI JA NEA	
Suomen ja NEA:n väliset yhteydet	I. Mäkipentti 47
Säteilysuojelu ja ydinlaitosten turvallisuus	
NEA:n toiminnassa	A. Vuorinen 54
NEA:N JA IAEA:N ARVIO MAAILMAN URAANIVAROISTA	70
YDINTEKNIIKAN TUTKIMUS VTT:SSA V, 1978	M. Hannus 75
NEUVOSTOLIITON ENERGIATALOUS	O. Urvas 80

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO 1/1979

HUHTIKUU 1979

JULKAISIJA: SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA-
ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND R.Y.

TOIMITUS:	PÄÄTOIMITTAJA TKT LASSE MATTILA PUH. 90-648931	VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO LÖNNROTINKATU 37 00180 HELSINKI 18
	TOIMITTAJAT DI MATTI HANNUS PUH. 90-648931	VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO LÖNNROTINKATU 37 00180 HELSINKI 18
	FM LAUNO TUURA PUH. 90-6172471	HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS PL 469 00101 HELSINKI 10

ATS:N TOIMIHENKILÖT V. 1979

PUHEENJOHTAJA TKT OLLI TIAINEN PUH. 90-6172470	HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS PL 469 00180 HELSINKI 10
VARAPUHEENJOHTAJA DI PAAVO HOLMSTRÖM PUH. 939-37211	RAUMA-REPOLA OY, PORIN TEHTAAT PL 96 28101 PORI 10
RAHASTONHOITAJA TKT PEKKA HIISMÄKI PUH. 90-4566320	VTT/REAKTORILABORATORIO OTAKAARI 3 A 02150 ESPOO 15
SIHTEERI FM JORMA KARJALA PUH. 90-520379	TEOLLISUUDEN VOIMA OY KUTOJANTIE 8 02630 ESPOO 63
JÄSEN DI ANTERO RAADE PUH. 90-6160267	IMATRAN VOIMA OY PL 138 00101 HELSINKI 10
JÄSEN TKL AMI RASTAS PUH. 90-523522	TEOLLISUUDEN VOIMA OY KUTOJANTIE 8 02630 ESPOO 63
JÄSEN FL ANNELI SALO PUH. 90-544212	SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOS PL 268 00101 HELSINKI 10
YLEISSIHTEERI DI PEKKA LOUKO PUH. 90-6160474	IMATRAN VOIMA OY EERIKINKATU 27 00180 HELSINKI 18

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

HEIJASTUMIA HARRISBURGISTA

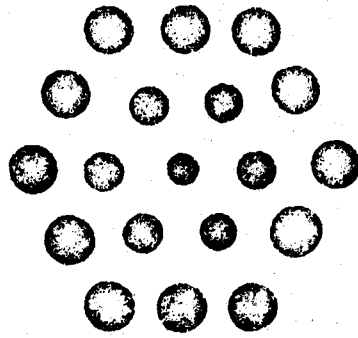
Tapahtumat, jotka aamuvarhaisella 28 päivänä maaliskuuta saivat alkunsa aivan tavanomaisten laitteiden toimintahäiriöistä, suuntasivat maailman uutiskanavien välityksellä katseet Three Mile Island-laitokseen. Hetkessä oli osoittautunut todeksi maailman yhteinen intressi ydinenergian turvallisuudesta. Se, mitä tapahtuu USA:ssa, vaikuttaa Euroopan tapahtumiin ja päinvastoin.

Vaikka muutamia päiviä jännityksessä pitäneen onnettomuuden tarkempi selvittely jääkin myöhempään vaiheeseen, näyttää jo nyt ilmeiseltä, että inhimillisillä virheillä on tapauksessa keskeinen osuutensa. Tämä osoittaa jälleen kerran omalla tavallaan, että ydinteknologia on erityisen vaativa inhimillisen toiminnan muoto.

On todennäköistä, että välittömät aineelliset vahingot rajoittuvat itse laitokseen ja havaittavia henkilövahinkoja tuskin esiintyykään. Välilliset vaikutukset sensijaan ovat vaikeasti arvioitavissa. Eräänä tällaisena voitaneen pitää ydinvoimasta Ruotsissa ilmeisesti toimeenpantavaa kansanäänestystä.

Itävallassa, Sveitsissä ja monessa USA:n osavaltiossa pidettyjä kansanäänestyksiä voidaan tavallaan pitää ydinenergiyahallinnon "incident"-tapahtumina. Osoittavathan ne, että alunperin ei ole osattu "petata" päätöksiä riittävän laajalla demokratian toiminnan edellyttämällä pohjalla. Tässä suhteessa tanskalaiset tuntuvat rakentavan malliaan perinpohjaisesti. Heidän tarkoituksensa on ensin tutkia mahdollisuudet jätehuollon toteuttamiseen ja vasta sen jälkeen päättää ydinvoimalaitosten rakentamisesta. Päätös ydinenergian hyväksikäytön aloittamisesta merkitsee ei-reversiibelin prosessin käynnistymistä, joka ei tietenkään seurauksien puolesta ole verrattavissa kieltolain kuomamiseen, mutta jota päätöksen periaateluonteen vuoksi voisi pitää yhtä tärkeänä. Nauttiihan valtaosa kansasta ydinenergian mahdollisesti tuomista eduista ja ellei tehokkaasti huolehdita haittavaikutusten kurissapitämisestä, aiheutuu niistä harmia laajoille joukoille.

Antti Vuorinen



EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY NEWSLETTER

In these days where gloom is freely mixed with the news, it is encouraging to report a success. We are indebted to the Finnish Society for providing a report on the startup of the 440 MW (e) PWR at Loviisa. Evidently this was an international effort, bringing credit to all concerned. The report is published in its entirety in the Newsletter.

May we remind our correspondents that similar articles and news (especially the cheerful news!), will be welcomed by the Editor.

A similar cheerful story comes from Norway where a prestigious National Council have determined that nuclear power is a safe and acceptable energy source, valued the more now that the Norwegians see on the horizon the termination of further exploitable hydropower.

Similarly in West Germany it is somewhat heartening to record that the Bundestag narrowly voted to allow the Government to proceed with the much delayed Fast Reactor project at Kalkar.

International News

OECD report the extension of the International Cooperative Project on Food Irradiation to at least December 1981. The project is supported by 24 nations with a cash budget of some \$350,000 per annum. The project has already demonstrated the economic and safe protection of a variety of foods in conditions where spoilage is a major cause of the shortage of human food.

Comparative descriptions of the risks associated with different forms of energy, the so-called 'risk audit' approach, have often placed energy from natural gas even more favourably than nuclear energy at the head of such a table. It might be noted therefore that it is reported from the City of London, with its broad insurance interests, that a severe accident in the Qatar liquification plant in April 1978 has led to the total write off of the plant, valued at \$75 million. The area is reported as still closed and designated a 'disaster area'; no information on casualties is as yet available.

ENS NEWS

The British newspaper, The Guardian, carried a letter reporting that the first Czechoslovakian nuclear power station (a heavy water, gas cooled reactor) has not been operated for some two years. The letter associated this condition with an accident to the CO2 circuit leading to the death of two operators but it is not known officially whether the shutdown (if indeed it has occurred) was solely due to such an accident or reflects more substantial technical problems associated with this unusual reactor design.

The CSSR subsequently issued an official denial of the story of the connection between the incidents and the difficulties the Bohunice plant is experiencing.

Publications of Interest

"International Instruments for Nuclear Technology Transfer", American Nuclear Society publication, 639 pages covering the many treaties and other documents governing international nuclear technology.

Report of an investigation into Radiological Health and Safety at the Ministry of Defence (Procurement Executive) Atomic Weapons Research Establishment, Aldermaston. The report is from Sir Edward Pochin on the escape of plutonium at the AWRE. Amongst the recommendations that have already been accepted by the UK Government, are that workers should be entered into the National Registry of Radiation Workers. In general it is concluded that little plutonium has actually been taken up by individuals but the administrative arrangements need improvement.

Risk and Society - Lord Rothschild's BBC Dimbleby Lecture 1978. Lord Rothschild's lecture on Risk and Society contained interesting references to nuclear power and its favourable comparison with almost all other sources of useful power. The lecture was intended for a wide audience but did not shrink from a logical and numerate evaluation of the risks we are already prepared to take in society.

The text of the lecture was published in The Listener, Dec 1978 but is also available from the BBC, Langham Place, London W1, as a separate booklet, price 25 pence.

"L'Energie en Questions", Special Issue 1978 of the Revue Generale Nucleaire, c/o SFEN, 48 rue de la Procession - 75724 PARIS CEDIX 15 - FRANCE. Price 22 Francs.

From the American Nuclear Society comes an english translation of the German History of Nuclear Energy in Germany, by Karl Winnacker and Karl Wirtz. Price \$37 from ANS

Nuclear Power: Protest and Violence, by Bayard Stockton and Peter Janke, Institute for the Study of Conflict, 12 Golden Square, London W1 (price £2) 1978. This study includes consideration of left wing extremists penetrating worthy protest groups. The study concludes that the Soviet Union is the only one apparently benefitting from delays occurring to nuclear power plant development outside the Comecon; it notes that no such delays are brooked inside Comecon.

ENS NEWS

National News

Tilting at Windmills? Following our report of the difficulty being experienced with the Danish Windgenerator, it is interesting to note the views of the British astronomer, Sir Martin Ryle, writing in the UK Telegraph. In his view, prototypes of suitable windmills including the associated problems of storage of energy, can, he claims, be developed within 'one or two years...in view of the basically simple technology'. One recollects the hopes in the 1940's for US work in this area, including the collapse at 'Windy Knob'.

The American Nuclear Society are advertising the availability of an index of current nuclear research in progress, the Nuclear Research Information Centre. The service includes a KWIC (Key Word In Context) reference. The announcement claims to cover research worldwide; details are available from the Manager of NRIC, ANS Headquarters.

NUCLEAR TECHNOLOGY

A monthly publication of the European Nuclear Society
and the American Nuclear Society

NUCLEAR TECHNOLOGY is a monthly journal of international stature covering a broad spectrum of nuclear power applications, as well as related technologies. NUCLEAR TECHNOLOGY publishes review papers and original studies covering research and on-line operation observations in reactor engineering, nuclear materials, instrumentation, nuclear fuels and the fuel cycle, reactor siting ..., as well as radioisotopic use in general industry.

The Editor is Dr Roy Post and the Associate Editor is Professor Karl Wirtz, Karlsruhe. Intending authors may have advice from either.

Subscriptions are available to members of the National Organisation Members of ENS at favourable rates for personal use. The annual subscription is \$29 with a further \$35 for airmail delivery to Europe. You should apply through your own national society. Further enquiries may be made by contacting

AMERICAN NUCLEAR SOCIETY
555 NORTH KENSINGTON AVENUE, LAGRANGE PARK, IL 60525 USA
Telephone: 312/352-6611

Contents of coming issues of Nuclear Technology are published from time to time in the Newsletter as a matter of immediate interest to members.

News of Member Societies

Belgian Section of ANS

"International ENS/ANS Topical Meeting on Nuclear Power Reactor Safety - Brussels October 16-19, 1978."

As announced during the Conference, a selection of full papers will be published in a special issue of Nuclear Technology.

The Proceedings of the Meeting, however, which will contain in full all the papers presented at the Conference including those selected for publication in Nuclear Technology, will be available in April 1979.

Enquiries for purchase of these full Proceedings should be made of the Belgian Section, Rue Ravenstein 3, Brussels 1000, Belgium.

Netherlands Meeting

The following report is provided by Dr D Bunemann on the KTG/ENS/IRC meeting on "Ramping and Load Following Behaviour of Reactor Fuel", held in Petten, The Netherlands, 30 Nov - 1 Dec 1978 under the auspices of the ENS.

This ENS sponsored meeting has been performed within a series of topical meetings planned by member societies of the ENS. Only invited papers were presented at this meeting, which was planned to give a status report on the European work in the field of LWR fuel behaviour for ramping and load following. The large number of participants (about 160) proved that topical meetings of this kind will attract people if a field of special actuality is chosen. It is this type of cooperation and information exchange which ENS tries to promote for national and international organisations.

Main topics of this conference were: significance of fuel performance during reactor operation, ramp test techniques and their results, failure mechanisms in connection with ramping. Especially the discussion on failure mechanisms showed the stress assisted chemical corrosion by fission products is seen to be the main reason for crack initiation at power ramping. Possible remedies against defecting pellet clad interaction were discussed. Still the best way for avoiding stress corrosion attack seems to be a restriction on local power ramps during load following, as long as the fuel is not yet fully conditioned for the power range considered.

It should be mentioned that the organisation of this meeting has been undertaken by the Joint Research Centre of EURATOM in Petten in a perfect way. Proceedings of this meeting will be published as a Petten Report.

ENS NEWS

THE ENS DIARY : FUTURE EVENTS OF INTEREST
new entries are side-starred **

MARCH

15 - 16

Nuclear Symposium of Rome, sponsored by CNEN, ENEL and FIEN, Palazzo dei Congressi. For information, contact Dr Pietro Bullo, via Paisiello 26, Roma (tel 06/868291).

26 - 30

International Symposium on Biological Implications of Radionuclides Released from Nuclear Industries, IAEA, Vienna. **

APRIL

2 - 6

International Conference on Welding and Fabrication in the Nuclear Industry, London. Meeting arranged by BNES with co-sponsorship by Institution Mechanical Engineers, Institution of Metallurgists and the Welding Institute. Details from BNES.

26

Sir John Hill, Chairman of the UK Atomic Energy Authority, will lecture on the occasion of the 25 Anniversary of the Authority's formation in London. Tickets and further information from the Institution of Nuclear Engineers. **

MAY

6 - 9

European Nuclear Society Conference ENC 79 Hamburg (Secretary: KTG 5300 Bonn, 1 - Heusallee 10 Germany)

JUNE

3 - 8

Annual Meeting American Nuclear Society, Atlanta, Georgia USA.

5 - 7

International Conference on Irradiation Behaviour of Metallic Materials for Fast Reactor Core Components, to be held in Ajaccio, France. IAEA and ENS supported. Details from Commissariat a l'Energie Atomique, Departement de Technologie, BP 2, Gif-sur-Yvette, France.

JULY

2 - 6

IAEA/NEA Symposium on Underground Disposal of Radioactive Wastes, Otaniemi, Helsinki, Finland. **

AUGUST

13 - 17

SMiRT Five; the Fifth International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Berlin.

Co-sponsored ANS and ENS Topical Meeting in Seattle, Washington, USA, on Fast Reactor Safety. The deadline Call for Papers has now passed and the response promises a successful meeting. 6

6
ENS NEWS

OCTOBER

14 - 17

Executive Conference on International Safeguards, Vienna. Sponsored by American Nuclear Society. **

23 - 25

Boiler Dynamics and Control in Nuclear Power Stations, Bournemouth, UK. Details from BNES.

Reactor Dosimetry Meeting, CNEN-CSN, Italy, I-0060

NOVEMBER

11 - 15

American Nuclear Society Winter Meeting, San Francisco, USA.

DECEMBER

4 - 10

IAEA General Conference, New Delhi. **

A Nuclear Energy Day will be held in Milan sponsored by the Federation of Technical and Scientific Associations of Italy, CNEN, ENEL and FIEN. For information, contact Dr Giuseppe Basso, CNEN viale Regina Margherita 125, Rome (tel 06/85282541).

1980

MARCH

26 - 30

La gestion sur place des dechets de reacteurs de puissance, a colloquium organised by IAEA and the OECD to be held in Zurich.

MAY

Fourth International Conference on Pressure Vessel Technology, Institution Mechanical Engineers, London SW1H 9JJ, UK.

JUNE

8 - 13

American Nuclear Society Annual Meeting, Las Vegas.

SEPTEMBER

3 - 7

Ninth International Symposium on the Chemistry of Fluorine, University of Bordeaux, Avignon.

OCTOBER

22 - 26

International Conference on Nuclear Cross-sections for Technology, University of Tennessee, USA. **

NOVEMBER

16 -21

American Nuclear Society and Atomic Industrial Forum, Washington DC, USA.

7
ENS NEWS

NAMES AND ADDRESSES OF ENS MEMBER SOCIETIES

1. Afdeling voor Kerntechniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs: ir R van Erpers Royaards, N V KEMA, Utrechtseweg 310, Arnhem, The Netherlands
2. American Nuclear Society: Local Sections in Europe
 - Belgium: M M Potemans , Belgonucleaire, rue du Champ de Mars, 25, B-1050 Brussels
 - Central Europe: A. Bayer, KFZ, Postfach 3640, 7500 Karlsruhe, INK West Germany
 - France: M. Rozenhole, CAAA, 20 av Edouard Herriot F-92350 Le Plessis Robinson, France
 - Italy: Avv P Bullio, Via Paisiello, 26/28, I-00198, Roma
3. British Nuclear Energy Society: Paul Wolff c/o Institution of Civil Engineers, 1-5 St George St London SW1P 3AA
4. Foreningen Karnteknik: R I Ekholm, AB Atomenergi, Fack, S-611 01 Nyköping 1, Sweden
5. Hellenic Nuclear Society: Dr C Apostolakis, General Secretary, Isotopes Dept NFC 'Demokritos', Aghia Paraskevi, Attiki, Athens, Greece
6. Institution of Nuclear Engineers: Bruce Youngman, Secretary 1, Penerley Road, Catford, London SE6, UK tel: 698 1500
7. Kerntechnische Gesellschaft im Deutschen Atomforum e.V Allianplatz, Haus X D-5300, Bonn 1, West Germany
8. Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute Dr P Tempus, c/o Eidg. Technische Hochschule Ramistr. 101, CH-8006 Zurich, Switzerland
9. Sociedad Nuclear Espanola: Secretario General L. Manuel Perello Estebanez Calderon, 7-90f Madrid-20, Spain
10. Societa Nucleare Italiana: Prof C. Salvetti c/o CNEN Viale Regina Margherita, 125, I-00198 Rome, Italy
11. Societe Francaise d'Energie Nucleaire: Secretariat, 48, rue de la Procession, F - 75724 PARIS CEDEX , France
12. Suomen Atomiteknillinen Seura-Atomtekniska Sällskapet i Finland F.Y. (Finnish Nuclear Society FNS) Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Ydinvoimatekniikan laboratorio, Loennrotinkatu 37, SF-00180, Helsinki 18 Finland

ENS NEWS

OFFICERS OF THE ENS

President (1977\79): Professor K H Beckurts
Postfach 365 KFA Julich-D-517 F R Germany

Immediate Past President M Alain Colomb

Vice Presidents M C P L-Zaleski, Prof C Salvetti

Board Member Dr. J Lewins ; Special Assistant Dr T Roser (KTG)

Office Manager M. G Thomas, P O Box 120 CH-1213 Petit-Lancy 2,
Switzerland. Published for the ENS by INUCE and printed in the UK.

Letters and material for publication should be addressed to:
Editor ENS Newsletter (Dr. J Lewins), Hughes Parry Hall, Cartwright
Gardens, London WCLH 9EF : Tel (01) 387 1477 Telex: SENLIB G 269400
or via ENS member societies

Subscription Arrangements

Two copies of the Newsletter are sent to each organisation member
and one to each supporting member of the ENS. Further copies may be
obtained at cost by these members on enquiry of the Editor.

ENS MEETING REPORT

Special mention is due for the successful ANS - ENS Topical
Meeting on "Nuclear Reactor Safety", organised by the Belgian
Section of ANS (Member of ENS) 16-19 October 1978 in Brussels.
This meeting was attended by over 600 participants, far more
than originally planned, from Belgium, France, Germany, Italy,
the United Kingdom and the United States.

The two luncheon speakers were particularly well received:
Dr F.A. Farmer (UKAEA) who spoke on "Non Nuclear Risks" on 17th
October, and Dr Norman Rasmussen (USNRC), who spoke on "Safety
Criteria: their development and use". Both the lunches were
attended by more than 200 people.

Technical sessions of particular interest included:
"Operational Safety Experience" and
"International Cooperation in Reactor Safety"
with a most successful 'poster session' held on Tuesday 17th.
The meeting was followed by two technical tours of special
interest to the foreign visitors perhaps:

Eurochemic Reprocessing and Doel Plants
The Kalkar Fast Breeder Reactor Plant

Our Belgian Society are to be congratulated on the success
their hard work achieved. It shows that timely, well chosen
topical conferences have substantial international support and
illustrate the role that can be played by ENS.

LOVIISA 1 START-UP AND OPERATION

The first Finnish nuclear power plant, Loviisa 1, has caught attention by its rapid start-up and good overall performance during operation. This 440 MWe gross PWR of Soviet VVER-440 origin is the first one of its type to be built outside SEV-countries. The work was carried out by a very international group of companies including among others, V/O Atomenergo-export of USSR, Siemens of FRG, Westinghouse from USA, Finnatom group and other companies from the Finnish industry with customer, Imatran Voima working as the A/E..

Here are some highlights of start-up and operation history:

PLANNING

Planning of the commissioning procedure was started already in 1972, striving to fix the general principles and guidelines. In 1974, more detailed planning, i.e. the working out of system- and stage-specific test programmes, was begun.

The autumn of 1975 saw the first system flushings and partial tests. By the beginning of 1976, the installation of the primary circuit had advanced so far that it could be pressure-tested loop by loop.

System-by-system structural inspections, flushings and tests went on in such a way that an important stage was reached on 20th May, 1976: the pressure test and flushing of the primary circuit, i.e. the first test of operating of plant systems could be started. These works were completed ahead of schedule on 5th June, 1976.

FIRST REVISION

After the pressure test and flushing of the primary circuit came first revision that took till the beginning of August. During this period, the condition of the primary circuit pipes and components was examined by non-destructive methods.

HOT FUNCTIONAL TEST

Activities provided by the hot functional test programme set in on 5th August but the actual starting of this stage was 14th August, 1976. On that date, the primary circulating pumps were started after the revision for

for heating the primary circuit for the pressure test. The hot functional test comprised a total of 108 different tests and checks. The programme had been carried through on 14th September, 1976.

CONTAINMENT TESTS

On 15th and 16th September, full-scale tests of the containment spraying system were carried out, i.e. the steel enclosure was sprayed with water.

During the installation stage, there was an opening in the wall of the reactor building, which was closed off in the summer 1976. Another pressure test and tightness and underpressure tests were performed on schedule during 17th to 21st September, 1976.

SECOND REVISION

After the containment tests, the primary circuit was opened up for second revision.

Operation permit for the plant was granted by the Ministry of Trade and Industry on 18th November, 1976. After a loading permit was obtained from the Institute of Radiation Protection the loading of fuel into the reactor could start on 21st November, 1976, and was finished on 1st of December, 1976.

On 20th January, 1977, permission was granted to make the reactor critical, which was reached on 21st January.

After this the tests provided as follows:

-	Commencing of tests at 5 % power	2.2.1977
-	Commencing of tests at 15 % power	5.2.1977
-	First turning of turbogenerator No.1	5.2.1977
-	First synchronisation of turbogenerator No.1 into the grid	8.2.1977
-	Commencement of tests at 30 % power	9.2.1977
-	First turning of turbogenerator No.2	11.2.1977
-	First synchronisation of turbogenerator No.2 into the grid	19.2.1977
-	Commencement of tests at 50 % power	23.2.1977
-	Commencement of tests at 75 % power	11.3.1977
-	Inauguration of plant	23.3.1977
-	Commencement of tests at 92 % power	16.4.1977
-	Commencement of 14 days trial run	23.4.1977

14 DAYS TRIAL RUN

The 14 days trial run with two turbines pertaining to plant take-over as provided by the contract was successfully completed on 9th May, 1977. This meant that plant ownership passed over to IVO and the guarantee period set in as per a take-over protocol signed on 12th May. During the trial run period, the net electrical power of the plant had exceeded 360 MW, except for a short power reduction by reasons related to the national grid.

The 14 days trial run ended the actual commissioning phase. Only a few tests at 100 % power were left to the guarantee period, and so also the guarantee measurements provided by the contract.

CONTROLLING AUTHORITIES

The controlling authority for Loviisa 1 commissioning was the Institute of Radiation Protection. Matters involving the authorities during the commissioning period were, primarily, the procedure with the operation permit application, the checking of test programmes and result reports, demonstrations of tests, licensing of operation and test permits for the various test stages. The following list shows how permits were obtained during the commissioning period:

- Commissioning and safety permit granted by the Ministry of Trade and Industry	18.11.1976
- Loading permit	21.11.1976
- Permit to close reactor head (pending conditions)	3.12.1976
- Permit to close reactor head (new conditions)	15.12.1976
- Permit to raise pressure to 34 bar	22.12.1976
- Permit to raise pressure to 137 bar	
- Criticality permit up to 2 % power	20.1.1977
- Permit for 6 % power (pending conditions)	3.2.1977
- Permit for 18 % power	4.2.1977
- Permit for 30 % power (temporary)	9.2.1977
- Permit for 35 % power	11.2.1977
- Permit for 55 % power	23.2.1977
- Permit for 80 % power	10.3.1977
- Permit for 92 % power	16.4.1977

OPERATION PHASE

The monthly load factors and time-based availabilities are shown overleaf. So far the plant has been working on an operating license allowing 92 % of nominal reactor thermal power. Due to turbine design improvements and favourable cooling water conditions, gross electrical output of 430 MWe has been achieved anyway as compared to the planned nominal gross power 440 MWe. The power level restriction is imposed by the Finnish Safety Authorities due to some remaining fuel related analytical questions.

So far the operational results have been quite promising:

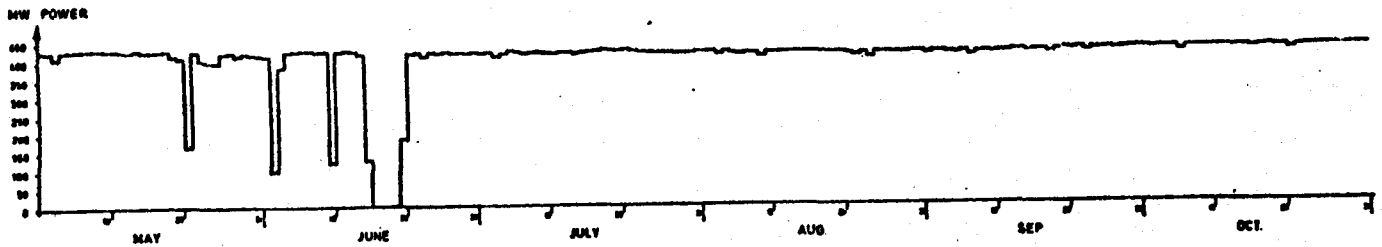
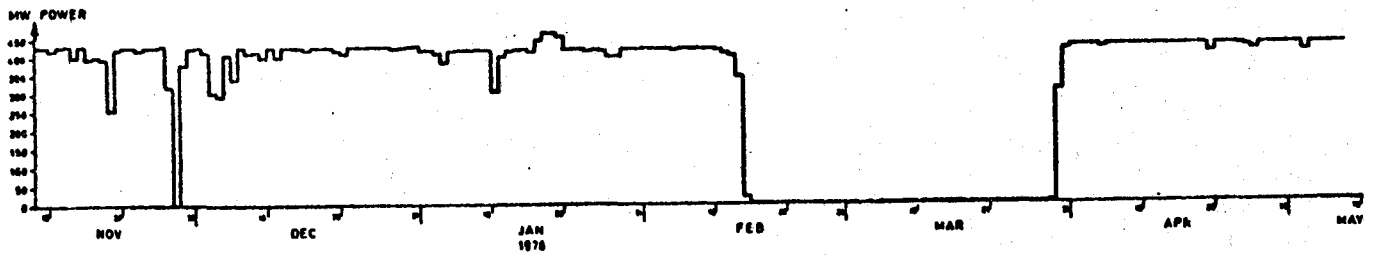
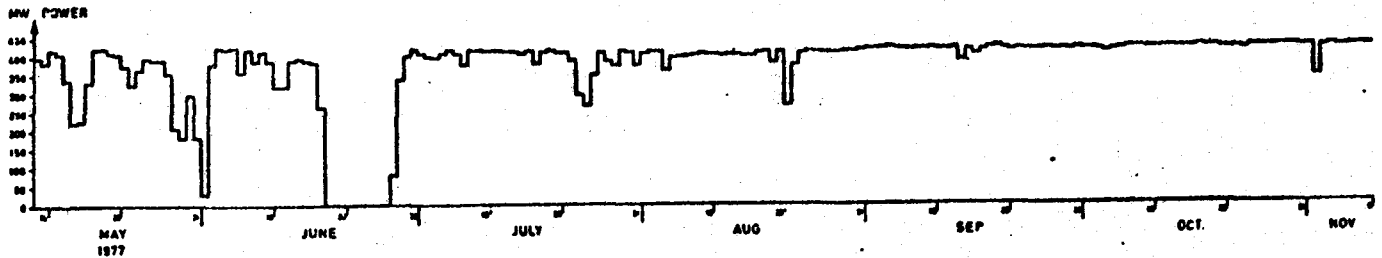
- cumulative load factor 85,0 % of licenced 430 MWe gross power from 9.5.1977 to 31.10.1978, with a production covering 9 % of the Finnish consumption;
- annual load factor (1.1.1977...31.10.1978) 83,9 % of licenced 430 MWe gross power;
- cumulative time availability 88,7 % 9.5.1977...31.10.1978;
- no fuel leaks (J-131 activity of primary water $4 \cdot 10^{-9}$ Ci/l from surface contamination);
- corrosion product activity low, e.g. Co-60 10^{-10} Ci/l;
- personnel doses extremely low in normal operation;
- releases of activity at the most a few percents of max. allowed values;

Six primary reasons for the rapid maturing of the plant are:

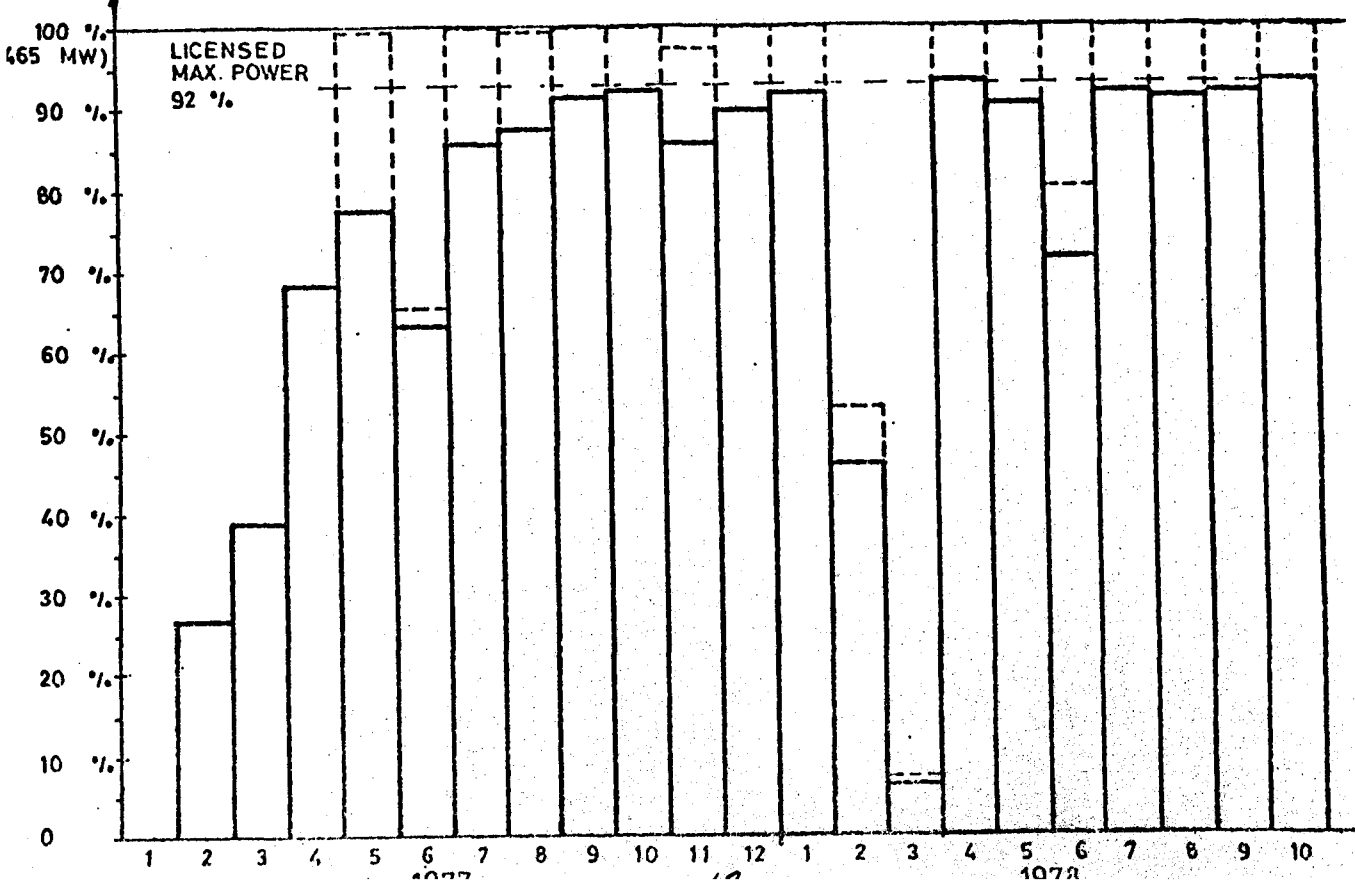
- The main delivery of both primary and secondary process equipment is based on the standard VVER-440 plant design.
- The all of the equipment suppliers, both Soviet and other have been experienced.
- Rigid quality and safety requirements imposed by the utility and Finnish Safety Authorities.
- The utility's own extensive involvement in the architect-engineering, coordination and supervision tasks, with e.g. 2000 man-years of qualified planning effort.
- Special advantages of the international division work and use of advanced solutions in the field of control and automation as well as using a computer based information system.
- Quality objectives and resources utilized during the start-up and operational phases.

LOVIISA 1 OPERATION HISTORY 9.5.77 - 31.10.78

FIRST CRITICAL		20.1.1977		
START OF COMMERCIAL OPERATION		9.5.1977		
GROSS EL. PRODUCTION	9.5.77-8.5.78	3 034 214 MWh	1.5-31.10.78	1 790 539 MWh
LOAD FACTOR 440 MW GROSS	- " -	78,7 %	- " -	92,15 %
LOAD FACTOR 465 MW GROSS	- " -	74,5 %	- " -	87,20 %
LOAD FACTOR 430 MW GROSS	- " -		- " -	94,78 %
AVAILABILITY	- " -	85,0 %	- " -	96,53 %



LOVIISA 1. NPS monthly load factors (—) and time based availability factors (---) 8.2.1977 - 31.10.1978



LOVIISA 1 VUONNA 1978

Tuotettu bruttosähköenergia v. 1978	3,18 TWh
(- " - yhteensä 8.2.77 →	5,85 TWh
Tuotettu nettosähköenergia v. 1978	2,98 TWh
(- " - yhteensä 8.2.77 →	5,48 TWh
Generaattori verkossa	7531 h
Energiapohjainen käyttökerroin	78 %
- " - " - " - vuosihuollon ulko- puolella	88 %
Aikakäytettävyys	86 %
- " - vuosihuollon ulkopuolella	97,7 %
100 % vastaava keskim. teho	465 MW
v. 1978 sallittu maks.teho (92 %) keskim.	430 MW
Reaktoripikasulkuja (matalalla teholla, käynnistyksissä)	4
Reaktoripikasulkuja tehoajossa	-
Turpiinipikasulkuja tehoajossa (vain toisen turpiinin pikasulkuja)	4
Vuosihuolto	43 vrk
Säteilyannokset	105 manrem
joista vuosihuollossa	99 manrem
(v. 1979 vuosihuollossa 91 manrem)	
Keskim. säteilytyöntekijäin annos	0,2 rem
Maks. - " -	1,07 rem
Maks. sisäinen annos	20 mrem
Rad.päästöt	
Ilmaan { Jalokaasut	Alle hav.rajan
{ Jodit	Alle hav.rajan
Mereen { Tritium (päästöraja 4000 Ci/a)	70 Ci
{ Muut yht. (päästöraja 8 Ci/a)	0,4 Ci

ENERGIATALOUDEN KEHITYS V. 1978

Sähköenergian kulutus kasvoi 9% - bruttokansantuote 2%

Energian kokonaiskulutus kasvoi 5% vuodesta 1977 ja sähköenergian kulutus 9%. Poikkeuksellisen kylmän sään ja edellisen vuoden sähkölakon vaikutus energian kokonaiskulutuksen kasvuun oli runsas 1 %-yksikkö ja sähköenergian kulutuksen kasvuun yli 2 %-yksikköä. Energiankulutuksen kasvu oli selvästi nopeampaa kuin kansantalouden kokonaistuotannon kasvu 2%.

Lähivuosien arvioitu sähkönkulutuksen kasvu runsas 6% vuodessa

Energian kokonaiskulutuksen kasvuvauhdin ei odoteta enää kiihtyvän lähivuosina. Viisivuotiskauden 1978-82 arvioitua taloudellista kasvua 3,5%/a vastannee vajaan 4%:n energian kokonaiskulutuksen ja runsaan 6%:n sähkön kokonaiskulutuksen vuosittainen kasvu.

Kasvu peitettiin kokonaan tuonnilla

Huonosta vesivoimatilanteesta johtuen energiahuollon kotimaisuusaste laski huolimatta turpeen käytön voimakkaasta lisääntymisestä. Turpeen osuus energian kokonaiskulutuksesta jää tosin vielä noin 2%:iin. Kivihiilen kulutus kasvoi tähänastiseen ennätyslukemaan kun taas öljyn kulutus väheni lievästi ollen nyt 50% kokonaiskulutuksesta.

TAULUKKO: Energian kokonaiskulutus energialähteittäin .
vuosina 1977-1982

	mlj. ekv. öljytonnia				osuudet %			
	1977	1978	1979	1982	1977	1978	1979	1982
öljy	12,2	12,0	11,9	12,0	53	50	48	44
maakaasu	0,8	0,8	0,9	1,0	3	3	4	4
hiili	2,6	3,6	2,8	1,9	12	15	11	7
ydinvoima	0,6	0,8	1,5	3,2	3	3	6	12
tuontisähkö	0,2	0,3	0,2	1,0	1	2	1	3
tuontienergia	16,4	17,5	17,3	19,1	72	73	70	70
vesivoima	3,0	2,4	3,0	3,0	13	10	12	11
turve	0,1	0,4	0,5	1,0	1	2	2	4
muut kotimaiset	3,3	3,6	3,8	4,2	14	15	16	15
kotimaiset yht.	6,4	6,4	7,3	8,2	28	27	30	30
KAIKKIAAN	22,8	23,9	24,6	27,3	100	100	100	100

Tehostuneet kotimaisten polttoaineiden edistämistoimet nostavat kotimaisuusastetta vain lievästi

Öljyn osuuden odotetaan edelleen laskevan lähivuosina. Öljyn absoluuttinen kulutus tosin säilynee ainakin nykyisellä tasolla. Ydinvoiman lisääntyminen ja sähkön tuonnin kasvu vähentävät merkittävästi kivihiilen käyttöä.

Ydinvoima ohittaa vesivoiman 1982 mennessä

Sähköenergiaa tuotettiin maassamme viime vuonna 34,2 TWh. Loviisan ensimmäisen laitoksen sekä vuoden 1978 elokuussa koekäyttöön otetun Olkiluodon ensimmäisen yksikön tuotanto oli viime vuonna yhteensä 3,1 TWh eli 9% hankinnasta. Vesivoimaa voitiin tuottaa vain runsas 80% normaalivuoden tuotannosta. Vajauksen kattaminen konventionaalisella lämpövoimalla aiheutti runsaan 100 Mmk:n lisälaskun kivihiilen tuonnissa. Loviisan toisen laitoksen ja Olkiluodon laitosten tullessa kaupalliseen käyttöön 1979-80 kasvaa ydinvoiman osuus noin 30%:iin sähkön tuotannosta.

TAULUKKO: Sähköenergian hankinta v. 1977-1978, TWh

	1977	1978	1979	1982
Vesivoima	12,0	9,7	11,7	11,7
Teoll. prosessivoima	5,8	6,4	6,8	7,5
Kaukolämpövoima	3,0	3,7	4,3	5,5
Ydinvoima	2,5	3,1	6,2	12,6
Tavallinen lauhdutusvoima	8,0	10,8	7,7	3,2
Kaasuturpiinivoima ym.	0,3	0,2	0,4	0,5
Tuonti	0,9	1,3	0,8	4,0
Yhteensä	32,5	35,2	38	45

Voimalaitoskapasiteetti kasvaa 25% vuoteen 1982 mennessä

Vuoden 1978 aikana otettiin kaupalliseen käyttöön Inkon neljäs yksikkö (250 MW) ja Kokkolassa valmistunut teollisuuden prosessivoimalaitos. Olkiluodon ykkösreaktori (660 MW) valmistui koekäyttöön.

Vuosina 1979-80 valmistuvat vielä kaupalliseen käyttöön sekä Loviisan että Olkiluodon kakkosreaktorit. Sähkön tuonti Neuvostoliitosta (4 TWh, vastaa teholtaan 600 MW) alkaa sopimuksen mukaan täysimääräisenä v. 1981. Teollisuuden prosessivoiman tehonkäyttö kasvaa myös, kun teollisuustuotanto lisääntyy.

Vuoden 1978 alussa oli huipun käytössä 8090 MWe, minkä on vuoden 1982 loppuun mennessä laskettu nousevan 10650 MWe:iin.

Energiaa tuotiin 7200 Mmk:n arvosta

Energian tuonnin arvo nousi viime vuonna 2%. Tuontimäärät supistuivat. Lisääntynyt energian tarve tyydytettiin osittain varastoja pienentämällä. Keskimäärin energian tuontihinnat nousivat muita tuontihintoja hitaammin. Vuodelle 1979 päätetyt raakaöljyn hinnankorotukset (noin 15%) lisäävät öljyn tuontilaskua noin 600 Mmk:lla.

TAULUKKO: Energian tuonti v. 1977-1978, milj. mk

milj. mk	1977	1978	Kasvu ±%
Öljy	5840	5540	-5
Hiili	920	1070	+16
Maakaasu	230	262	+14
Sähkö	96	116	+21
Ydinpolttoaine	24	240	
Yhteensä	7110	7228	+2

Voimalaitosinvestoinneissa jyrkkä lasku

Energiainvestointien määrä oli alustavien tietojen mukaan noin 2,6 mrd markkaa vuonna 1978. Investoinnit alenivat reaalisesti neljänneksen edellisestä vuodesta.

Voimalaitosrakentamisessa, joka on perinteisesti ollut suurin energiainvestointien kohde, on odotettavissa varsin hiljainen välivaihe. Käynnissä oleva rakennusohjelma saadaan pääosin valmiiksi vuoteen 1980 mennessä ja merkittävistä uusista hankkeista ei toistaiseksi ole tehty rakentamispäätöksiä.

Kasuvia investointialueita ovat energian säästäminen sekä kotimaisen energian tuotanto ja käyttö. Niitä palvelevia investointeja vauhditetaan mm. valtion rahoitustuella.

TAULUKKO: Energiainvestoinnit v. 1977-1982, mrd mk vuoden 1978 hintatasosta^{x)}

	1977	1978	1979	1982 ^{xx)}
Voimalaitokset	2,03	1,00	0,75	0,2
Sähkön siirto ja jakelu	0,77	0,80	0,80	0,7
Yhdyskuntien lämpöhuolto	0,22	0,18	0,15	0,2
Polttoainehuolto	0,44	0,59	0,60	0,6
Yhteensä	3,46	2,57	2,30	1,7

x) Ei sisällä energian käyttökohteessa suoritettavia investointeja, joiden tarkoituksena on esim. energian säästäminen tai siirtyminen kotimaisen polttoaineen käyttöön.

xx) Ei sisällä mahdollisista uusista suurvoimalaitoksista aiheutuvia investointeja.

Lähde: Energiakatsaus 4/1978

ENERGIAPOLITIIKAN NEUVOSTON ESITYS SUOMEN ENERGIAPOLIITTISEKSI OHJELMAKSI

Joulukuussa 1977 nimetty, KTM:n yhteydessä toimiva energiapolitiikan neuvosto, EPN, (ks. ATS Ydintekniikka 1/1978) luovutti ehdotuksensa Suomen energiapoliittiseksi ohjelmaksi 2. maaliskuuta 1979. Ehdotus perustuu EPN:n itselleen nimitetyn ohjelmajaoston valmistelemaan mietintöön. Samaan aikaan EPN luovutti myös tutkimusjaostonsa laatiman, energiaturkimusohjelman suuntaviivoja muotoilevan raportin, jota käsitellään erikseen toisaalla. Molemmat mietinnöt tullaan julkaisemaan KTM:n energiaosaston julkaisusarjassa.

EPN:n puheenjohtajana toimi sen maaliskuussa 1979 päättyneellä ensimmäisellä toimikaudella ministeri Eero Rantala ja varapuheenjohtajana ministeri Johannes Virolainen. Pääsihteerinä oli toimistopäällikkö Esko Ylikoski ja apulaispääsihteerinä ylitarkastaja Taisto Turunen, molemmat KTM:stä.

Seuraavassa esitetään ohjelmaehdotuksesta valikoituja poimintoja korostaen erityisesti ydinenergiaa koskettelevia kohtia.

IRTI LIIALLISESTA ÖLJYRIIPPUVUUDESTA

Ohjelman kansainvälisestä tilanteesta johtuvina lähtökohtina ovat vuoden 1973 öljykriisi, sen jo toteutuneet vaikutukset sekä nähtävissä olevat mahdollisuudet öljyn kysynnän ja tarjonnan väliseen epätasapainoon jo 1980-luvulla. Myös ydinpolttoaineen saatavuuteen liittyy samanlaisia pitkän aikavälin saanti- ja hintaongelmia kuin muihin tuontipolttoaineisiin. Lisäksi ydinvoiman osalta ovat kansainvälisesti avoimina kysymykset käytetyn ydinpolttoaineen huollosta.

AKTIIVISEN ENERGIAPOLITIIKAN TAVOITTEIKSI ENERGIAN SÄÄSTÄMINEN JA KOTIMAISEN ENERGIAN LISÄÄMINEN

Tavoitteisiin pyritään toteuttamalla lähivuosina sarja toimenpiteitä, joita toteutettaessa otetaan huomioon sekä liiketaloudellinen edullisuus että vaikutukset vaihtotaseeseen, pääoman käytön tehokkuuteen, työllisyyteen, kansainväliseen kilpailukykyyn ja ympäristön tilaan. Määrälliseksi tavoitteeksi laadullisten tavoitteiden ohella on asetettu vähentää energian kokonaiskulutuksen kasvu v. 1985 mennessä reaalikansantuotteen kasvua pienemmäksi ja selvästi lisätä kotimaisten energialähteiden käyttöä.

Toimenpiteistä mittavimmat kohdistuvat turpeen käytön laajentamiseen. Myös mahdollisuudet kotimaisten raakauraanin hyödyntämiseen selvitetään. Kaukolämmön sekä yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotantoa edistetään voimakkaasti.

UUDET SUURVOIMALAITOSRATKAISUT VOIDAAN LYKÄTÄ AINAKIN VUOTEEN 1982

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto asetetaan etusijalle. Tämän lisäksi tarvittavasta erillisestä lauhdutusvoimakapasiteetista tehdään ratkaisut ydinvoiman ja vaihtoehtoisesti fossiilisten polttoaineiden, kuten kivihiilen ja turpeen kesken.

TUONTIPOLTTOAINEISSA PÄÄHUOMIO PITKÄLLÄ AIKAVÄLILLÄ KIVIHIILEEN

Tämän lisäksi pyritään maakaasun kulutuksessa saavuttamaan ainakin nykyisten tuontisopimusten mahdollistama suurin määrä ja kaasun tuontikiintiön nostamisesta neuvotellaan. Öljyn tuonnissa pyritään nostamaan bilateraali-kaupan osuutta. Ydinpolttoaineen tuonnista, jälleenkäsittelystä ja varastoinnista laaditaan kokonais selvitys.

ENERGIAHUOLLON VARMUUTTA PARANNETTAVA

Varmuutta parannetaan jo sinänsä kotimaisten polttoaineiden osuuden kasvattamisella ja varautumisella niiden käyttämiseen vaihtoehtoisina polttoaineina. Tämän lisäksi selvitetään kaikkien polttoaineiden, mukaanlukien uraani, varmuusvarastointikysymyksiä.

RAHOITUS-, VERO- JA HINTAPOLITIIKKA TUKEMAAN TAVOITTEIDEN SAAVUTTAMISTA

Vero- ja hintapolitiikassa pyritään pitkäjännitteisyyteen ja välttämään nopeita, suuria muutoksia. Energian verotus pyritään kohdistamaan primäärienergian lähteisiin, ei jalostettuun energiaan kuten sähköön. Kilpailuasema muihin maihin nähden otetaan huomioon.

Näihin osa-alueisiin kiinnitetään erityistä huomiota EPN:n toiminnan jatkuessa.

ENERGIATUTKIMUKSEN LAAJUUTTA JA RAHOITUSTA KOHOTETAAN TUNTUVASTI JA PAINOPISTETTÄ SIIRRETÄÄN YDINTUTKIMUKSESTA SÄÄSTÄMISEEN JA KOTIMAISEN ENERGIAN HYÖDYNTÄMISEEN

Julkinen energiatutkimuksen rahoitustaso nostetaan nykyisestä 26 Mmk/a vuoteen 1983 mennessä tasolle 50 Mmk/a.

Energian säästön ja kotimaisen energian tutkimuksen alueella korostetaan tulosten nopeaa hyödynnettävyyttä. Erityisesti suositaan laite- ja muuta tuotekehittelyä.

Ydinteknologian luonteeltaan pitkäaikainen tutkimus pidetään toistaiseksi nykytasolla. Keskeisiksi kohteiksi otetaan polttoainekierto, ydinjätehuolto sekä ydinvoimalaitosten käyttö. Selvitetään mahdollisuudet ydintekniikan tutkimuksesta julkiselle vallalle aiheutuvien kustannusten siirtämisestä osittain ydinvoiman tuotantokustannuksiin, lähtien kuitenkin siitä, että tutkimuksen riippumattomuus säilyy.

Aurinkoenergian ja muiden uusien energialähteiden tutkimusta kehitetään ennen kaikkea tehostamalla kansainvälisen tutkimuksen seuranta.

Erityistä huomiota kiinnitetään energiatalouden ja muun kansantalouden välisten suhteiden selvittämiseen sekä kansainvälisen energiatutkimuksen seurantaan ja kansainväliseen yhteistyöhön.

VALTION ENERGIAHALLINTOA TEHOSTETAAN

Energialainsäädännön uusimista jatketaan. KTM:n asemaa energiakysymyksissä selvennetään ja vahvennetaan. Valtion energiayhtiöiden ja muiden energialaitosten sekä kuluttajajärjestöjen yhteistyötä kehitetään.

OHJELMAN TAVOITTEENA KOTIMAISTEN ENERGIALÄHTEIDEN OSUUDEN NOSTAMINEN KOKONAISKULUTUKSESSA 34...40 PROSENTTIIN

Ohjelman vaikutuksia arvioitaessa on peruslähtökohtana ollut bruttokansantuotteen keskimääräinen vuotuiskasvu 3% ajanjaksona 1978...1990. Ohjelman toteutuessa on energian kokonaiskulutukseksi v. 1990 arvioitu 30 milj. ekv. öljytonnia. Mikäli energian säästötoimenpiteet ja kotimaisen energian lisäys jätetään huomiotta kulutus olisi 32 milj. ekv. öljytonnia. Vuonna 1978 kokonaiskulutus oli 24 milj. ekv. öljytonnia. Ilman ehdotettuja säästö- ja kotimaisen energian käytön lisäämistöimenpiteitä kotimaisten energialähteiden osuus supistuisi v. 1978 arvosta 27% edelleen pari prosenttiyksikköä.

ENERGIAINVESTOINNIT LÄHES NYKYTASOLLA KOKO 1980-LUVUN

Energiansäästöinvestointeihin tulisi käyttää 1980-luvulla keskimäärin lähes 1000 Mmk/a. Muihin energiainvestointeihin tarvittaisiin lisäksi n. 2000 Mmk/a. Tuontipanoksen arvioidaan olevan n. kolmannes investointien kokonaismäärästä.

Energian tuonnin arvo v. 1990 olisi 7...8 Gmk, eli olennaisesti sama kuin nyt. Ilman ehdotettuja säästö- ja kotimaisuuden suosimistoimenpiteitä vastaava arvo olisi n. 10 Gmk.

TYÖLLISYYSVAIKUTUS PITKÄLLÄ AIKAVÄLILLÄ VÄHÄINEN

Säästö- ja kotimaisen energian suosimistoimenpiteiden työllisyysvaikutus lienee tällä hetkellä n. 20 000 työpaikkaa. Ehdotetut toimenpiteet lisännevät vaikutusta 1970- ja 1980-luvun taitteessa. Pitkäaikaisvaikutus on kuitenkin vähäinen.

VÄLITTÖMÄSTI BUDJETTIVARAIN RAHOITETTAVA VALTIONTALouden MENOJEN LISÄYS LÄHIVUOSINA VARSIN KOHTUULLINEN

Välittömästi budjettivaroin rahoitettavat energiatalouden menot olisivat ohjelman mukaan v. 1982 309 Mmk, kun ne ovat v. 1979 n. 193 Mmk. Huomattava lisäys tapahtuukin juuri kuluvana vuonna, sillä v. 1978 käytettiin vastaaviin tarkoituksiin vain 67 Mmk. Merkittävimmät määrärahat ohjattaisiin avustuksiksi kiinteistöjen energiansäästöön (150 Mmk v. 1979, 200 Mmk v. 1982), avustuksiksi yhdyskunnille ja yrityksille kotimaisen energian käyttöön ja tuotantoon (20 ja 50 Mmk) sekä energiaturkimuksen erityisrahoitukseen (21 ja 45 Mmk).

Avustusten ohella energiatalouden käyttöön ohjattaisiin budjetin tai julkisen sektorin rahoituskanavien kautta huomattavia lainoja. Lisäksi kysymykseen saatavat tulla mm. energiayhtiöiden osakepääomien korotukset.

Energiaohjelman vaikutuksia valtion tulokehitykseen ei voida määritellä, koska verojärjestelmä epäilemättä muutetaan lähivuosina. Todettakoon, että erilaisten energiaverojen tuotto v. 1979 on lähes 3 Gmk.

ENERGIAPOLITIIKAN NEUVOSTON SUUNTAVIIVAT ENERGIATURKIMUKSELLE

Energiapolitiikan neuvosto luovutti tutkimusjaostonsa (ks. ATS Ydintekniikka 3/1978) valmisteleman, energiaturkimusohjelman suuntaviivoja hahmottelevan, energiaturkimuksen painopisteitä määrittelevän sekä energiaturkimuksen tulevaa tarkempaa suunnittelua pohjustavan raportin 2. maaliskuuta 1979.

Tutkimusjaoston puheenjohtajana toimi prof. Olavi Huikari sekä sihteerinä erikoistutkija Seppo Hannus KTM:stä.

VAIN YLEISLINJAT TÄSSÄ VAIHEESSA

Nyt laadittu raportti on varsin suppea, osittain käytettävissä olleen lyhyen ajan vuoksi, osittain siksi, että energiaturkimuksesta on v. 1978 valmistunut runsaasti tausta-aineistoa, kuten KTM:n energiaturkimustyöryhmän mietintö (ks. ATS Ydintekniikka 2/1978), valtioneuvoston periaatepäätös energiaturkimuksen kehittämisestä (ks. ATS Ydintekniikka 3/1978) sekä hallituksen eduskunnalle antama energiapoliittinen selonteko, joihin tutkimusjaosto saattoi voimakkaasti nojautua.

Tutkimusjaoston ei ollut käytettävissään olleen ajan puitteissa mahdollista ottaa täsmällistä kantaa tutkimusresurssien kehittämisen suhteen eikä ryhtyä itse energiatutkimusohjelman valmistelemaan. Tämän johdosta raporttiin sisältyy näkemys siitä, millä periaatteilla energiatutkimushallinnon työnjakoa tulisi jatkossa kehittää ja miten energiatutkimusohjelman valmisteluun tulisi ryhtyä.

ENERGIATUTKIMUSTA ON LAAJENNETTAVA JA KOHDISTUKSEEN ON KIINNITETTÄVÄ ERITYISTÄ HUOMIOTA

Energiatalouden merkitys kansantaloudessamme on niin suuri, että sen kehittämiseen on kyettävä osoittamaan riittävät resurssit. Kuitenkin esimerkiksi muissa pohjoismaissa energiatutkimuksen julkinen rahoitus suhteessa energian kulutukseen on ollut 3-5 kertaa suurempi kuin Suomessa.

Suomessa on selvä ja konkreettinen tarve laajentaa ja tehostaa energiatutkimusta nykyisestään. Näin ollen tärkein ja keskeisin tavoite energiatutkimuksen kehittämisessä on nostaa sen julkinen rahoitus riittävän korkealle tasolle, jotta luodaan edellytykset yleisessä energiapolitiikassa asetettujen tavoitteiden toteuttamiselle.

Energiatutkimusta tulee kehittää yleisten energiapoliittisten tavoitteiden mukaisesti. Tällöin tutkimuksen painopistealueiksi muodostuvat energian säästö, kotimaisen energian osuuden lisääminen ja energiajärjestelmätutkimus. Lähes kaiken energiatutkimuksen läpäisevänä periaatteena on entistä enemmän korostettava öljyriippuvuuden vähentämistä.

Kokonaisvaltaista lähestymistapaa on edistettävä energiajärjestelmätutkimuksilla, jotka palvelevat myös energiapoliittista päätöksentekoa. Erityisesti uusien energialähteiden kehittämistä on pyrittävä edistämään, joskin suomalainen tutkimus lyhyellä aikavälillä on tällä alalla lähinnä seurantaluonteista. Energiahuollon ympäristövaikutusten rajoittamistarve vaatii myös lisää toimenpiteitä ja tutkimusta.

KANSAINVÄLISEN YHTEISTYÖN ANTAMAT MAHDOLLISUUDET KÄYTETTÄVÄ TEHOKAASTI HYVÄKSI

Emme Suomessa voi levittää tutkimusresurssejamme kattamaan energiatutkimuksen kaikkia osa-alueita, vaan ne on keskitettävä nimenomaan sellaisiin kohteisiin, joiden tutkiminen Suomen olosuhteissa on erityisen perusteltua. Suomessa on ensisijaisesti kehitettävä ja tutkittava sellaista teknologiaa, jota muualta ei voida saada tai jonka käyttämisen edellytyksenä on korkea kansallisen tiedon ja taidon taso.

Suomen rajallisten resurssien ja energiatalouden globaalisten riippuvuussuhteiden johdosta on erityistä huomiota kiinnitettävä kansainväliseen yhteistyöhön. Tällöin Suomi voi omalla, tietyllä osa-alueella suunnatulla panoksella osallistua sellaisiin suuriin energiatutkimushankkeisiin, joiden läpivieminen pelkästään Suomen voimin ei ole mahdollista.

NOPEIN HYÖDYNNETTÄVYYS ENERGIAN KÄYTÖN JA SÄÄSTÖN TUTKIMUKSELLA

Energiataloudellisten selvitysten mukaan maamme energian kulutusta voitaisiin vähentää 10-15 prosenttia taloudellisesti kannattavalla energian säästöllä. Suurimmat energian säästöt ovat saavutettavissa rakennusten ja teollisuuden energian kulutuksessa. Tutkimuksen kohteena tulee olla lähinnä lämpöä säästävät rakenteet sekä teollisuuden energiankäyttöä optimoivat prosessit sekä seuranta- ja valvontajärjestelmät.

Energian säästötoimenpiteillä voidaan saavuttaa tuloksia myös suhteellisen lyhyellä aikavälillä. Näin ollen säästöön kohdistuvassa tutkimuksessa on kiireellisintä konkreettisiin ja hyödynnettävissä oleviin tuloksiin tähtäävän tuote- ja laitekehityksen edistäminen. Energiajärjestelmätutkimuksilla voidaan edistää energian säästöä sekä lyhyellä että erityisesti pitkällä aikavälillä. Esimerkiksi valtakunnan koko energiantuotantojärjestelmän rakenteen ja käytön kehittäminen voisi merkitä suuria säästöjä.

MUUTTUNEET OLOSUHTEET TEKEVÄT KOTIMAISET ENERGIALÄHTEET JÄLLEEN AJANKOHTAISIKSI

Tutkimuksen suunnittelussa olisi kyettävä ennakoimaan tulevaisuuden energiataloudelliset tarpeet kuten kotimaisten polttoaineiden käytön lisääminen. Tarvittava teknologia on suureksi osaksi sellaista, jota ei voi hankkia muualta vaan jota on kehitettävä nimenomaan Suomen olosuhteita silmälläpitäen.

Suurimmat kotimaisen energian lisäämismahdollisuudet tarjoaa turpeen ja puun energiakäyttö, mikä muodostaa kotimaisten energialähteiden tutkimuksen painopisteen. Myös rakentamattoman vesivoiman rakentamismahdollisuudet tulee tutkia pienvesivoimalaitokset mukaanluettuina, ottaen erityisesti huomioon vesivoiman suuren merkityksen joustavana huippukuormituksen tasaajana. Erityisesti on tutkittava mahdollisuuksia kotimaisten energialähteiden pienimuotoiseen käyttöön.

Myös kotimaisen energian tutkimuksessa kiireellisintä on konkreettisen laite- ja tuotekehityksen edistäminen. Kotimaisten polttoaineiden epäjalous tulee jatkossakin vaikeuttamaan niiden käyttöä useilla kulutussektoreilla. Pitkän aikavälin tärkeänä tutkimustavoitteena onkin nähtävä kotimaisen polttoaineen jatkojalostusteknologian kehittäminen.

YDINTEKNIIKAN TUTKIMUKSEN LAAJUUS SÄILYTETTÄVÄ MUTTA RAHOITUSRAKENNETTA MUUTETTAVA

Ydintekniikkaan kohdistuvaa tutkimusta on Suomessa harjoitettu suhteellisen laajamittaisesti jo useita vuosia. Kansainvälisesti Suomen ydinenergiatutkimus on kuitenkin vähäistä, sekä absoluuttisesti että suhteellisesti esimerkiksi henkilöä tai ydinvoimakapasiteettia kohden laskettuna. Tutkimuksen muodot ja organisaatio ovat vakiintuneet ja kehittämisnäkökohdat selkiytyneet ja täsmentyneet. Ydintekniikan tutkimuksen lähtökohdana on ollut Suomen kansainvälisesti verrattuna varsin laaja ydinvoiman rakentamishjelma. Ydintekniikan tutkimustarve tulevaisuudessa riippuu mm. ydinvoiman mahdollisen lisärakentamisen laajuudesta ja aikataulusta. Tämän suhteen kehitysnäkymät ovat vielä selkiintymättömät.

Ydinvoiman tuotannon erityisominaisuudet edellyttävät, että julkisella vallalla on hallussaan riittävä asiantuntemus erityisesti turvallisuuskysymysten osalta. Tämän valmiuden luominen ja ylläpitäminen edellyttää jatkuvaa ja pitkäjänteistä tutkimustoimintaa.

Kun ydinvoiman kehittämisessä maassamme ollaan siirtymässä rakentamisvaiheesta tuotantovaiheeseen, muuttuu myös ydintekniikan tutkimuksen painotus. Keskeiseksi kehittämiskohteeksi nousee polttoainekierron ja ydinvoimalaitosten käyttöön liittyvä tutkimus. Aivan erityistä huomiota on kiinnitettävä ydinjätehuollon vielä ratkaisemattomiin ongelmiin. Kotimaisessa ydinvoimateollisuudessa kehittyntä tietoa ja taitoa pyritään ylläpitämään ja jatkojalostamaan.

Vaikka ydintekniikan tutkimuksen rahoitusvolyyymi on syytä pitää ainakin nykyisellään, tulisi sen rahoituslähteitä harkita uudelleen. Tähän asti ydintekniikan tutkimuksen kustannukset on rahoitettu valtion tulo- ja menoarvion kautta yleisin verovaroin. Eräissä muissa yhteyksissä viime aikoina on kuitenkin pyritty

siihen, että ydinteknisen toiminnan julkiselle vallalle aiheuttamat menot voitaisiin siirtää ydinvoiman tuotantokustannuksiin. Ydinvoimalaitoksille määrättyillä lupamaksuilla pyritään kattamaan valtiovallan ydinvoimaan liittyvät hallinnolliset ja valvontamenot. On myös esitetty, että ydinjätehuollon valtiovallalle aikanaan aiheuttamat kustannukset peritään jo ydinvoimat tuotannon yhteydessä. Tulisi pyrkiä siihen, että ydinvoimatekniikan tutkimuksen aiheuttamat kustannukset sisältyisivät enenevässä määrin ydinvoiman tuotantokustannuksiin. Tämä olisi perusteltua sikäläkin, ettei ydintekniikan tutkimustarve aiheudu pääasiassa julkisesti määriteltävien energiapoliittisten tavoitteiden toteuttamisesta vaan ydinvoiman erityisominaisuuksista. Mikäli tällainen rahoitusjärjestely toteutetaan tämän ei kuitenkaan tule vähentää ydintekniikan tutkimuksen määrää tai heikentää julkisen vallan mahdollisuuksia sen suuntaamiseen ja valvontaan.

UUSIEN ENERGIALÄHTEIDEN TUTKIMUKSESSA ON KYETTÄVÄ SEURAAMAAN KANSAINVÄLISTÄ KEHITYSTÄ

On riittävän monipuolisesti selvitettävä uusien energialähteiden käyttömahdollisuudet Suomen erityisolosuhteissa. Tällöin selviävät nähtävästi myös Suomelle tyypilliset tutkimustarpeet.

Uusien energialähteiden tutkimus soveltuu usein luontevasti osaksi perinteisimpiä tutkimusaloja. Esimerkiksi aurinkoenergian ja lämpöpumpun käyttöä on tutkittu osana rakennusten lämpötaloustutkimusta ja energiametsiä on tutkittu muun metsäntutkimuksen ja puun energiakäytön yhteydessä. Samaa periaatetta tulee soveltaa jatkossakin, koska ei ole tarvetta erottaa tutkimuskohdetta luontevimmasta ympäristöstään vaikka kysymyksessä on uusimuotoinen tekniikka.

Uusia raskaalla teknologialla toteutettavia energialähteitä ovat lähinnä hyötöreaktorit, fuusioreaktori ja synteettisten polttoaineiden valmistus. Näiden suhteen Suomen tutkimusrooli jää seurantaluonteiseksi, lukuunottamatta kotimaisien polttoaineiden jatkojalostusta.

Yleinen piirre uusien energialähteiden tutkimuksessa on se, että niihin käytetään muualla maailmassa valtavia resursseja, kun taas Suomen mahdollisuudet edistää tätä tutkimusta ovat rajoitetut. Tällöin osallistuminen kansainväliseen yhteistyöhön on Suomen kannalta välttämätön keino, jotta voimme päästä osallisiksi muualla tapahtuvan kehitystyön tuloksista.

HUOMIOTA MYÖS ENERGIAJÄRJESTELMÄ- JA YMPÄRISTÖVAIKUTUSTARKASTELUIHIN

Energiajärjestelmäselvityksillä pyritään palvelemaan energiapoliittista päätöksentekoa tuottamalla tietoa erilaisista vaihtoehtoisista toimintastrategioista ja niiden yhteiskunnallisista ja kansantaloudellisista vaikutuksista. On erityisen tärkeää muodostaa kokonaiskuva eri energiantuotantomahdollisuuksista. Yhtenä osana tulisi selvittää pienimuotoisen hajautetun energiatuotannon mahdollisuudet ja merkitys Suomen energiataloudessa.

Kokonaisvaltaisia ympäristötarkasteluja energiapoliittisen päätöksenteon tueksi tulisi laatia tähän astista enemmän. Ympäristötutkimuksessa painopiste tulisi määritellä sellaisille ongelmille, jotka ovat tyypillisiä nimenomaan Suomen olosuhteille.

TAPAUSET THREE MILE ISLAND

TAPAHTUMIEN KULKU THREE MILE ISLAND -2 YDINVOIMALAITOKSELLA
JA ARVIO MAHDOLLISUUKSISTA TAPAHTUMIEN TOISTUMISEEN SUOMESSA

Onnettomuuden kohteeksi joutunut laitos oli Babcock & Wilcox -yhtiön toimittama 870 MW:n tehoinen painevesireaktorilaitos, joka oli otettu käyttöön viime vuoden lopulla. Suomalaisista laitoksista Loviisan voimalaitokset ovat tyypiltään painevesireaktoreita, mutta ne eroavat rakenteeltaan merkittävästi onnettomuuslaitoksesta.

Kummankin laitoksen päälaitteista on oheisena esitetty periaatekaaviot.

Three Mile Island-2 -laitoksen onnettomuus sai alkunsa häiriöstä, joka keskeytti syöttöveden tulon höyrynkehittimille. Tämän tyyppisiä häiriöitä odotetaan sattuvan silloin tällöin kaikilla ydinvoimalaitoksilla. Ennalta suoritettujen analyysien mukaan on Babcock & Wilcox-yhtiön toimittamilla laitoksilla odotettavissa, että häiriö aiheuttaa reaktorissa ja siitä höyrynkehittimille kulkevassa jäähdytysvesipiirissä paineen nousun. Korkea paine käynnistää reaktorin nopean automaattisen sammuttamisen ja avaa jäähdytysvesipiirin varoventtiilin, josta jäähdyte puhalletaan suljettuun säiliöön. Paineen välitön nousu kyseisen valmistajan toimittamilla laitoksilla aiheutuu ensi sijassa omaperäisestä höyrynkehittinratkaisusta, jota muut valmistajat eivät käytä. Tällä rakenteella on toisaalta saavutettu eräitä etuja, mm. suurempi hyötysuhde ja pienempi korroosioalttius.

Loviisan voimalaitokselle tehdyt vastaavat analyysit osoittavat, että syöttövesihäiriöstä seuraa automaattinen reaktorin sammutus ennen kuin reaktorin ja sitä jäähdyttävän piirin paine tai lämpötila ehtii muuttua sanottavasti. Ero Loviisan hyväksi johtuu täysin erityyppisistä höyrynkehittimistä ja siitä, että nämä höyrynkehittimet sisältävät suhteellisesti n. nelinkertaisen vesimäärän onnettomuuslaitokseen verrattuna. Näin ollen

reaktorin jäähdytysvesipiirin varoventtiiliä ei tarvita elleivät useat riippumattomat suojausjärjestelmät petä samanaikaisesti.

Tällaisen sinänsä odotettavissa olleen häiriön kehittyminen vakavammaksi Three Mile Island-2 -laitoksessa johtui USA:n viranomaisilta saaduista tiedoista päätellen siitä, että varoventtiili ei avautumisensa jälkeen sulkeutunut uudestaan tarkoitetulla tavalla, vaan juuttui auki-asentoon. Tämä aiheutti reaktorin jäähdytyspiirissä paineen laskun, josta oli seurauksena jäähdytysveden osittainen muuttuminen höyryksi. Jäähdytysveden kiertopumput pysäytettiin, koska ne olisivat ilmeisesti rikkoutuneet joutuessaan pumppaamaan veden asemesta höyryä. Samanaikaisesti jäähdytyspiirin korkeimpiin kohtiin kerääntyneet höyrytulpat todennäköisesti estivät luonnollisen painovoiman aiheuttaman jäähdytyskierron. Kierron keskeytyessä alkoi reaktoriastiaan jäänyt vesi kiehua voimakkaasti ja reaktori ylikuumeni.

Paineen alentuessa käynnistyi erillinen hätäjäähdytysjärjestelmä automaattisesti, kuten oli suunniteltu. Sen pumppaama kylmä vesi alkoi lauhduttaa höyryä vedeksi. Reaktorin ohjaajana toiminut henkilö kuitenkin pysäytti hätäjäähdytysjärjestelmän liian aikaisin luultuaan kaiken höyryn lauhtuneen. Hätäjäähdytys käynnistettiin uudelleen, mutta vasta n. 5 tunnin kuluttua todettiin, että höyry ei ollutkaan lauhtunut koko jäähdytyspiirissä eikä luonnollinen piirin jäähdytyskierto ollut käynnissä oletetulla tavalla. Tämän havainnon jälkeen käynnistettiin jäähdytyspiirin kiertopumput ja normaali jäähdytys alkoi.

Loviisan voimalaitoksella on laskennallisesti analysoitu reaktorin jäähdytysjärjestelmän varoventtiilin virheellistä avautumista ja auki-asentoon juuttumista. Tulosten mukaan reaktorin ylikuumenemisvaaraa ei ole. Tämä johtuu toisaalta siitä, että jäähdytyspiiri on muotoiltu eri tavoin ja toisaalta lukuisista pisteistä, joista kylmää hätäjäähdytysvettä saadaan piiriin. Loviisassa näitä ruiskutuspisteitä on 18, kun vastaava luku onnettomuuslaitoksella on 4. Lisäksi ruiskutuspisteiden sijainti on Loviisassa edullisempi koko piirin nopeaa lauhdutusta ajatellen.

Kun onnettomuuslaitoksella oli palautettu jäähdytyskierto ja alennettu reaktorin lämpötilaa normaalilla tavalla, havaittiin, että reaktoriastian yläosaan oli syntynyt kaasukupla ja pieni osa reaktorisydäimestä pysyi jatkuvasti niin kuumana, että siellä tapahtui kiehumista. Kaasukupla oli peräisin reaktorissa ylikuumentumisen aikana tapahtuneista kemiallisista reaktioista sekä rikkoutuneesta polttoaineesta vapautuneista kaasuista.

Kaasukuplan havaitsemisen jälkeen nostettiin jäähdytyspiirin painetta ja lämpötilaa uudelleen. Tarkoituksena paineen nostolla oli ilmeisesti puristaa kupla reaktoriastian yläosaan, jossa se ei vaarantanut jäähdytyskiertoa sekä toisaalta ylläpitää olosuhteita, joilla estettiin räjähdysalttiin vety-happi-seoksen kehittymistä. Lämpötilan nosto oli tarpeen siksi, että jäähdytyspiiriä ei ole lisääntyvän murtumisvaaran vuoksi lupa paineistaa matalassa lämpötilassa.

Tilanteen jatkuessa useita päiviä pelättiin, että kaasua kehittyisi lisää. Tällöin olisi toisaalta ollut se vaara, että kupla olisi päässyt tulpaksi jäähdytyspiiriin estäen suljetun jäähdytyskierron. Toisaalta olisi saattanut muodostua sellainen happi/vety -suhde, että kaasu olisi saattanut räjähtää ja tällöin ehkä reaktoriastia olisi rikkoutunut. Kaasua ei kuitenkaan tullut lisää, vaan se päinvastoin liukeni vähitellen jäähdytysveteen, josta se poistettiin veden puhdistusjärjestelmässä.

Loviisan voimalaitoksen kohdalla ei ole ennakolta tutkittu, mitä seurauksia olisi reaktoriastiaan kerääntyneellä kaasukuplalla, koska tehtyjen analyysien mukaan ei kuplaa synny. Mikäli kupla kaikesta huolimatta kehittyisi, se voitaisiin poistaa reaktoriastian yläosassa olevan ilmausputken kautta suljettuun kaasujen käsittelyjärjestelmään. Loviisan ilmausputkessa olevat sulkuventtiilit voidaan avata kaukokäyttöisesti. Toisena mahdollisuutena olisi poistaa kaasu pinnankorkeusmittausputken kautta, koska putken ainoana sulkulaitteena on luoksepäästävässä tilassa oleva käsiventtiili.

Mikäli kaasukuplia muodostuisi jäädytyskiertopiirin muihin osiin kuin reaktoriastiaan, ne voitaisiin niin ikään poistaa ilmausputkista, jotka on suljettu kaukokäyttöisillä venttiileillä.

Vertailuna onnettomuuslaitokseen tai esim. Ruotsissa sijaitsevaan toisen amerikkalaisvalmistajan (Westinghouse) toimittamaan painevesireaktorilaitokseen on kaasujen poisto järjestetty selvästi paremmin. Ruotsalaisilta viranomaisilta (Statens Kärnkraftinspektion) saadun tiedon mukaan on Ringhals 2-laitoksella reaktoripaineastian ilmausputki suljettu käytön aikana käsiventtiilillä ja ns. sokealla laipalla (levy, joka kiinnitetään pulteilla putken päähän), jolloin sen avaaminen ei ole mahdollista onnettomuustilanteessa. Vastaavaa sulkemistapaa on ilmeisesti käytetty onnettomuuslaitoksella ja useilla muillakin USA:n laitoksilla.

Yhteenvetona todettakoon, että ennalta tehtyjen analyysien mukaan on onnettomuuden käynnistänyt syöttövesijärjestelmän häiriö kuten muutkin odotettavissa olevat häiriöt Loviisassa rauhallisempia kuin onnettomuuslaitoksella. Näin ollen ne vaativat vähäisempiä ja helpommin toteutettavia suojaustoimia. Toisaalta Loviisassa on kautta linjan useampia rinnakkaisia suojaus- ja turvajärjestelmiä, mikä sallii useita samanaikaisia toimintahäiriöitä suojaustoiminnan vielä toteutuessa. Näin

ollen on perusteltua olettaa, että vastaavan onnettomuuden mahdollisuus on Loviisassa merkittävästi pienempi kuin Three Mile Island-2 -laitoksessa.

TVO:n ydinvoimalaitokset ovat tyypiltään kiehutusvesireaktori-laitoksia eikä niissä ole vastaavia laitteita kuin onnettomuusreaktorissa tapahtumien kulkuun vaikuttaneet. Onnettomuuteen liittyvien ilmiöiden osalta voidaan kuitenkin tehdä joitakin rinnastuksia.

Mahdollisten varoventtiilivikojen seurauksena reaktorin jäähdytyspiiristä ulos puhallettava höyry mahtuu kokonaan reaktorisuojarakennuksen sisään rakennettuun lauhdutusaltaaseen. Tämä allas on oleellisesti suurempi kuin painevesireaktorilaitosten lauhdutusäiliöt.

Nopea paineenalennus on otettu huomioon laitoksen suunnittelussa ja sitä koskien on tehty ennalta teoreettiset analyysit. Koska reaktoriastiassa on normaalisti muutenkin aina höyryä, ei lisähöyryn ilmaantuminen aiheuta vastaavia hankaluuksia kuin painevesireaktorilaitoksessa. Luonnollinen jäähdytyskierto toimii kokonaan suuren reaktoriastian sisällä eikä voi siis keskeytyä mihinkään putkeen kerääntyneen höyrytulpan vuoksi. Höyryä lauhduttavaa hätäjäähdytysvettä ruiskutetaan mahdollisessa onnettomuustilanteessa suoraan reaktorisydämeen.

Reaktoriastiaan mahdollisesti syntyvä kaasu voidaan johtaa pois usealla eri tavalla ilman, että se häiritsee jäähdytystä.

ALUSTAVA SELVITYS THREE MILE ISLAND-2 -TAPAUKSEEN LIITTYVISTÄ RADIOAKTIIVISTEN AINEIDEN PÄÄSTÖISTÄ JA NIIDEN VAIKUTUKSISTA

1. Päästöjen syyt

Tapahtumaketju alkoi siitä, että syöttöveden virtaus toiseen höyrykehittimeen keskeytyi. Tällöin höyrykehittimen ja paineistimen varoventtiilit aukesivat paineen kasvun seurauksena. Toisen höyrykehittimen epäillään vuotavan, joten on mahdollista, että ensimmäinen päästö on peräisin juuri höyrykehittimen varoventtiilin ulospuhalluksesta.

Reaktorin polttoaineen vaurioitumisen seurauksena jäähdytysveteen pääsi huomattavia määriä radioaktiivisia aineita. Paineistimen varoventtiilin aukijäämisen vuoksi jäähdytysvettä purkautui reaktorin suojarakennukseen. Veden pinta suojarakennuksen pohjalla nousi niin korkealle, että katsottiin tarpeelliseksi pumpata sitä pois suojarakennuksesta. Säiliökapasiteetin puutteen vuoksi osa tästä vedestä jouduttiin pumppaamaan säiliöön, joka on yhteydessä apurakennuksen ilmastointiin, ja vedessä olleet radioaktiiviset kaasut pääsivät täten purkautumaan ilmastointijärjestelmän kautta ulos. Käytetyssä pumpussa olleen vuodon seurauksena jonkin verran aktiivista vettä pääsi apurakennuksen lattialle, mistä aiheutui radioaktiivisten kaasujen leviämistä apurakennukseen; myös nämä kaasut kulkeutuivat ilmastointijärjestelmään. Koska ilmastointijärjestelmä on varustettu suodattimilla, se päästää ulos lähes yksinomaan radioaktiiviset jalokaasut. Aerosolimuodossa olevat aineet sekä jodit, jotka ovat erityisen vaarallisia ympäristölle, jäävät pääasiassa suodattimiin.

Myöhemmin avoimessa säiliössä ollut vesi saatiin siirretyksi suljettuun säiliöön, mikä vähensi merkittävästi päästöä.

Apurakennuksessa sijaitsee myös laitoksen kaasujen käsittelyjärjestelmä, johon on johdettu reaktorissa syntyneitä voimakkaasti radioaktiivisia kaasuja. Tästä järjestelmästä on ajoittain päästetty ulos radioaktiivisia jalokaasuja paineen kohoamisen vuoksi.

Reaktorin suojarakennukseen vapautuneiden radioaktiivisten aineiden lähettämä säteily aiheuttaa säteilytason nousua lähietäisyyksillä laitoksesta. Suojarakennus on tiivis ja se pidetään alipaineisena ympäristöön nähden, joten suoraa päästöä sieltä ei tapahdu.

2. Päästöjen aiheuttamat säteilyannokset

Päästö oli suurimmillaan keskiviikon ja torstain kuluessa, jolloin mitattiin puolen kilometrin päässä laitoksesta n. 20 mrem/h annosnopeuksia ja 3 km päässä n. 10 mrem/h annosnopeuksia.

Perjantaista alkaen päästö näyttää pienentyneen tasaisesti joitakin lyhytaikaisia nousuja lukuunottamatta. Maanantaina ilmoitettiin keskimääräisen annosnopeuden useilla mittauspaikoilla viiden kilometrin säteellä olleen alle 0,1 mrem/h. Luonnollisen taustasäteilyn aiheuttama annosnopeus on 0,01-0,02 mrem/h. Vertailun vuoksi mainittakoon, että Suomen lainsäädännön mukaan säteilylähteen vaikutuspiirissä elävän henkilön vuotuinen annosraja on 500 mrem; tämä raja perustuu kansainvälisen säteilysuojelukomission suositukseen ja on määritetty niin, että sitä vastaavasta säteilyannoksesta ei aiheudu yksilölle merkittävää terveydellistä riskiä.

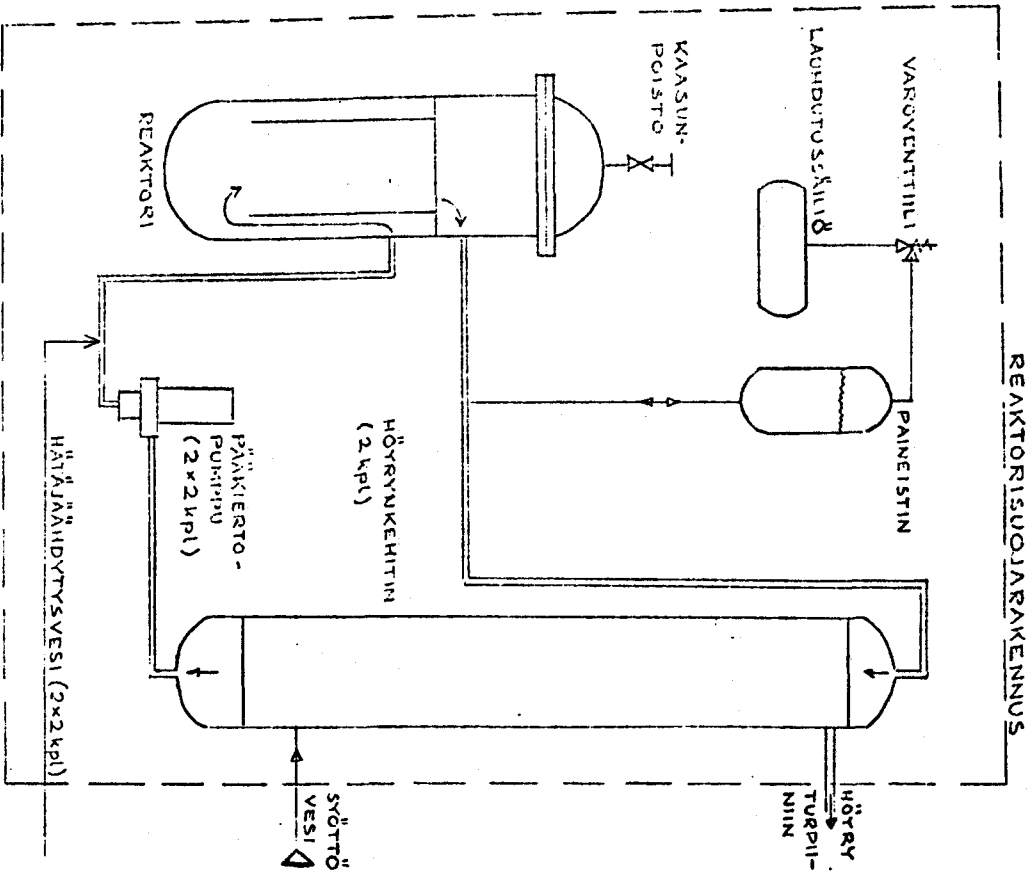
3. Vaikutukset ympäristön väestöön

Koska päästöt ovat sisältäneet lähes yksinomaan radioaktiivisia jalokaasuja (krypton, ksenon), jotka eivät kulkeudu ravintoketjuihin eivätkä aiheuta ympäristön saastumista muuta kuin ilman osalta, rajoittuu säteilyvaikutus ilman välityksellä tapahtuvaksi. Ympäristömittaustulosten perusteella näyttää ilmeiseltä, että ihmisille ja ympäristölle erityisen vaarallisia aineita kuten jodia, kesiumia ja strontiumia ei ole päässyt merkittävässä määrin ulos laitoksesta. Pieniä määriä radioaktiivista jodia on havaittu eräissä ympäristöstä otetuissa maitonäytteissä.

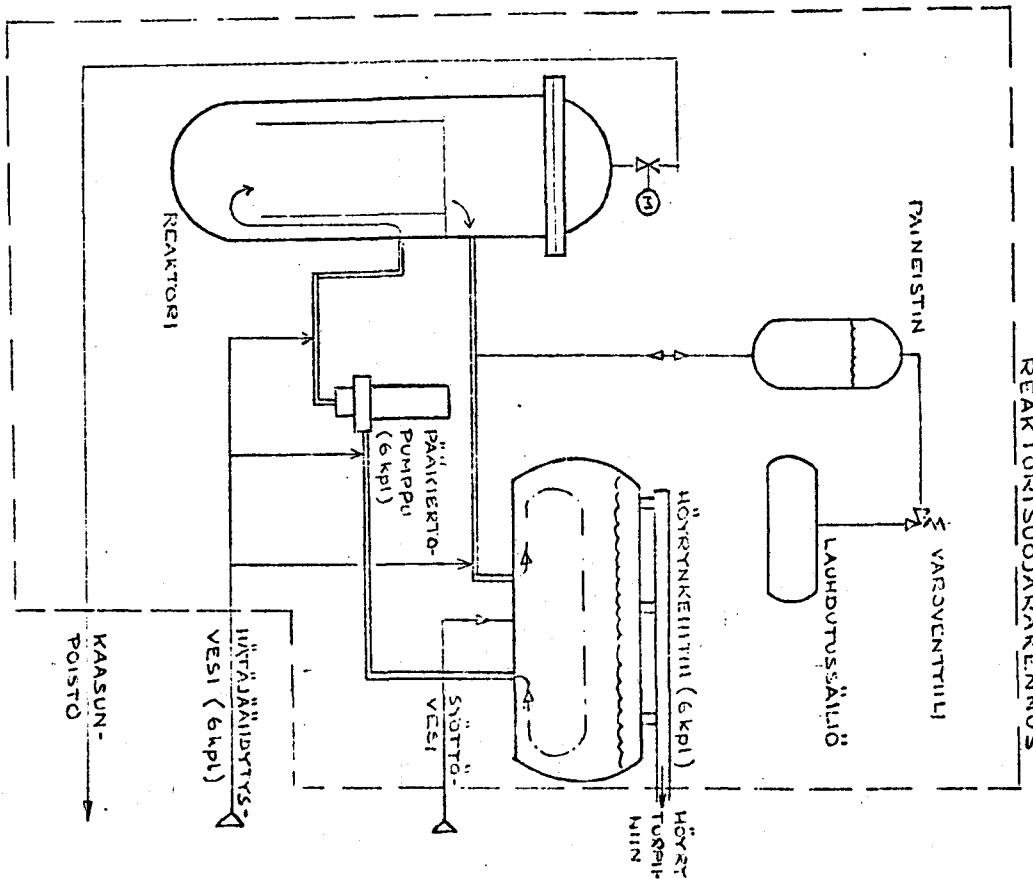
Päästöjen ympäristön väestölle aiheuttamat säteilyannokset ovat olleet niin pieniä, että niillä ei ole välittömiä terveydellisiä vaikutuksia. Mahdollisten myöhäisvaikutusten alustavaa arviointia varten voidaan olettaa noin miljoonan hengen kunkin saaneen viiden mrem-yksikön suuruisen säteilyannoksen, mikä ilmeisesti ylittää todellisen säteilyrasituksen. Tämän voidaan laskennallisesti arvioida aiheuttavan korkeintaan yhden syöpätapausten kyseisessä väestössä. Kun tätä verrataan muista syistä aiheutuvien syöpätapausten määrään, joka 50 vuoden aikana tulee olemaan vähintään 100 000 samassa väestössä, saadaan käsitys mahdollisten myöhäisvaikutusten vähäisyydestä. Geneettiset, seuraaviin sukupolviin ulottuvat vaikutukset ovat huomattavasti edellä tarkoitettuja somaattisia myöhäisvaikutuksia pienemmät.

Edellä esitetyn perusteella on ilmeistä, että radioaktiivisten päästöjen aiheuttama säteilyrasitus ei ole aiheuttanut havaittavissa olevaa terveydellistä haittaa ympäristön väestölle. Lähialueella toimeenpantu lasten ja raskaana olevien naisten evakuointi on ollut varotoimenpide tilanteen mahdollisen pahenemisen varalta. Ympäristön kannalta tilanne on ilmeisesti palautumassa normaaliksi. Saastuneen laitoksen puhdistaminen ja mahdollinen korjaaminen tai muutoin turvalliseen tilaan saattaminen puolestaan tulee aiheuttamaan vaikeita säteilysuojellisia ongelmia.

Koska esitetyt arviot perustuvat alustaviin tietoihin tapahtumista, niihin saattaa sisältyä virheellisyyksiä. Yhdysvaltain ydinturvallisuusviranomaiset tulevat sikäläisen käytännön mukaan julkaisemaan tarkan selvityksen tapauksesta ja sen seurauksista.



THREE MILE ISLAND YDINVOIMALAITOKSEN PERINTEKAAVIO



LOVIISAN YDINVOIMALAITOKSEN PERINTEKAAVIO

4

5

SÄHKÖN ERI TUOTANTOMUOTOJEN TERVEYDELLISTEN RISKIEN
ARVIOINTI JA VERTAILU

Ohessa julkaistaan Dr. Inhaberin tutkimuksen loppuraportin tiivistelmä sekä hänen esitelmästään ATS:n kokouksessa jaettu aineisto selventävillä huomautuksilla täydennettynä.

Tutkimuksen tulokset on täydellisesti esitetty raportissa:

Inhaber, H.J. Risk of Energy Production, AECB-1119,
Ottawa, 1978. (saatavana TTK:n kirjastosta)

Inhaberin suullisessa esityksessä ja keskusteluissa ilmi tulleista lisänäkökohdista todettakoon seuraavaa:

- Kunkin energiantuotantomuodon riskin arvioinnissa on pyritty ottamaan huomioon tuotannon kaikki vaiheet. Osa, useissa tapauksissa valtaosa, riskeistä esiintyy paikallisesti ja ajallisesti toisaalla kuin energian hyväksikäyttö. Jos tarkastelu rajoitetaan esim. Suomessa koskemaan vain energiantuotannon täällä tapahtuvia vaiheita, tulokset voivat olla täysin toisenlaisia.
- Kaikissa tapauksissa lähtökohtana on ollut tämän päivän teknologian hyväksikäyttö.
- Useimpien uusien vaihtoehtoisten energiantuotantomuotojen suurelta näyttävä ammatillinen riski juontuu näiden alhaisesta energiatiheydestä, mikä merkitsee suurta aines- ja työpanostarvetta.
- Tuuli- ja aurinkoenergian korkean yleisen riskitason taustalla taas piilee tuotannon vaihtelevuus, mikä johtaa suureen varastointitarpeeseen tai täydentävien (korkeariskisten) energialähteiden käyttämiseen.
- Hiilen ja öljyn kohdalla riskien yläraja-arvot tuntuvat luonnottoman korkeilta, samoin aurinko-, tuuli- ja merilämpöenergiatuotannon vaatimat työpanostarpeet. Mikäli luvut olisivat oikeat hiilellä ja öljyllä tuotettu energia olisi todella vaarallista - varmasti "elämisen tasoa" laskevaa - ja tuuli- ja aurinkoenergian tuotannosta ei juuri nettohyötyä jäisi!

AECBN RAPORTIN NO. 1119 YHTEENVETO ENERGIANTUOTANTOON LIITTYVÄT RISKIT

Alkulause

Energiantuotantojärjestelmän valinnassa on kiinnitettävä erityistä huomiota eri järjestelmien piirissä työskentelevien työntekijöiden sekä väestön terveys- ja turvallisuusriskeihin. Atomic Energy Control Board (AECB = Atomienergian valvontalautakunta) pyrkii varmistamaan ydinenergiajärjestelmän riskin mahdollisimman alhaiseksi sekä määrittelemään sallitun riskitason.

Eräs mahdollisuus olisi verrata muiden energiajärjestelmien arvioitua riskiä systemaattisesti. Seuraavassa on esitetty tällaisen tarkastelun tulokset. Lähes 150 lähteestä saatujen tietojen perusteella Dr. Inhaber on osoittanut luonnonkaasulla tuotetun sähkönsisältävän riskin pienimmäksi. Samoin hän on todennut, että ydinenergiaan liittyvä riski on suhteellisen pieni muihin energialähteisiin verrattuna.

AECB ei pyri tulkitsemaan kyseistä Inhaberin raporttia siten, että valppautta ydinenergiaan liittyviä riskejä kohtaan voidaan vähentää, päädytään ainoastaan toteamaan muiden energialähteiden käyttöön liittyvän merkittäviä riskejä. On erikokoisesti huomattava, että riskiarvio olisi tehtävä kaikissa polttoainekierron vaiheissa. Toisin sanoen, riskilaskelmat olisi aloitettava polttoaineen tai raaka-aineiden louhinnasta ja ulotettava muodostuvien radioaktiivisten jätteiden käsittelyvaiheeseen eikä ainoastaan tutkittaisi voimalaitoksen sähköntuotantovaiheeseen liittyviä riskejä. Työntekijöiden sekä koko väestön terveysriskit on otettava huomioon.

Hyvin erilaisiin olosuhteisiin liittyvät tiedot eivät koskaan ole keskenään täysin vertailukelpoisia, tämä koskee myös seuraavassa esitettävää aineistoa. Dr. Inhaber on kehittänyt uuden metodiikan saatavissa olevien tietojen käsittelyksi ja tulkitsemiseksi. Tutkimusalan nuoruuden vuoksi ei vielä voida ennustaa tulosten lopullista kantavuutta. Joka tapauksessa hyväksymme tyydytyksellä raportin julkaisemisen toivoen sen saavan aikaan hyödyllistä keskustelua eri energiajärjestelmien suhteellisista riskeistä sekä tavoista riskien pienentämiseksi kaikissa järjestelmissä.

A.T. Prince
Puheenjohtaja
AECB

YHTEENVETOEnergiantuotantoon liittyvä riski

Herbert Inhaber
Atomic Energy Control Board
Ottawa, Ontario K1P 5S9

Johdanto

Minkälainen olisi tulevaisuuden energiajärjestelmä? Valinta yleensä suoritetaan taloudellisin ja poliittisin perustein, vaikkakin joissakin tapauksissa otetaan myös ympäristönäkökohdat huomioon. Tähän mennessä kyseiseen päätökseen ei sanottavasti ole vaikuttanut energiatuotannossa ihmisen terveyteen kohdistuva riski. Miksei? On puuttunut vertailevaa arviointia - jopa perusta tällaiselle arvioinnille. Tässä esitetään yhteenveto tutkimuksesta, joka arvioi 10 eri energiajärjestelmän työntekijöihin sekä väestöön kohdistaman riskin. Ensimmäistä kertaa on suoritettu vertailua ei-konventionaalisten teknologioitten (aurinko-, tuuli- ja metanolienergia) ja konventionaalisten teknologioitten (hiili, öljy ja ydinvoima) kesken. Koko energia- tai polttoainekierto arvioitiin, eikä vain pientä osaa siitä, ja tämä johti joihinkin epätavallisiin tuloksiin.

Tutkituista teknologioista sähkön tuottamiseen käytettyyn luonnonkaasuun liittyi pienin riski, seuraavaksi pienimmät riskit liittyivät ydinenergian ja valtamerien lämpöenergian hyväksikäyttöön. On jotensakin yllättävää, että muut 7 energiantuotantomuotoa johtivat huomattavasti korkeampiin riskeihin. Joissakin tapauksissa mainitut 7 energiantuotantomuotoa ovat yli 100 kertaa vaarallisempia mitä tulee aiheutuneisiin onnettomuuksiin, sairauksiin tai kuolemiin. Toisin sanoen, asetutaan paljon suuremmalle riskille alttiiksi valittaessa esimerkiksi aurinkoenergia turvallisempien järjestelmien sijasta.

Tarkastellut energiajärjestelmät edustavat neljää konventionaalista ja kuutta ei-konventionaalista (tai vaihtoehtoista) energialähdettä. Nämä ovat kivihiili, öljy, ydinenergia ja luonnonkaasu sekä tuuli-, metanoli-, aurinkoenergia (lämmitys, lämpösähkö, valosähkö) ja valtamerien lämpöenergia. Myös vesivoimasähköä on käsitelty, mutta vain lyhyesti saatavilla olevan aineiston niukkuuden vuoksi.

Kanadassa ja muuallakin käytetään laajalti neljää konventionaalista systeemiä, kun sen sijaan ei-konventionaalisista systeemeistä on vain rajoitettuja kokemuksia. Tavallaan siinä verrataan paremmin tunnettuja tosiasioita vähemmän tunnettuihin. Tämä ongelma on yhteinen kaikille energiasysteemien vertailupyrkimyksille, mutta tässä sitä yritettiin minimoida käyttämällä parhaita saatavissa olevia arvioita. Käytettyjen tietolähteiden määrä oli 150 kaiken kaikkiaan.

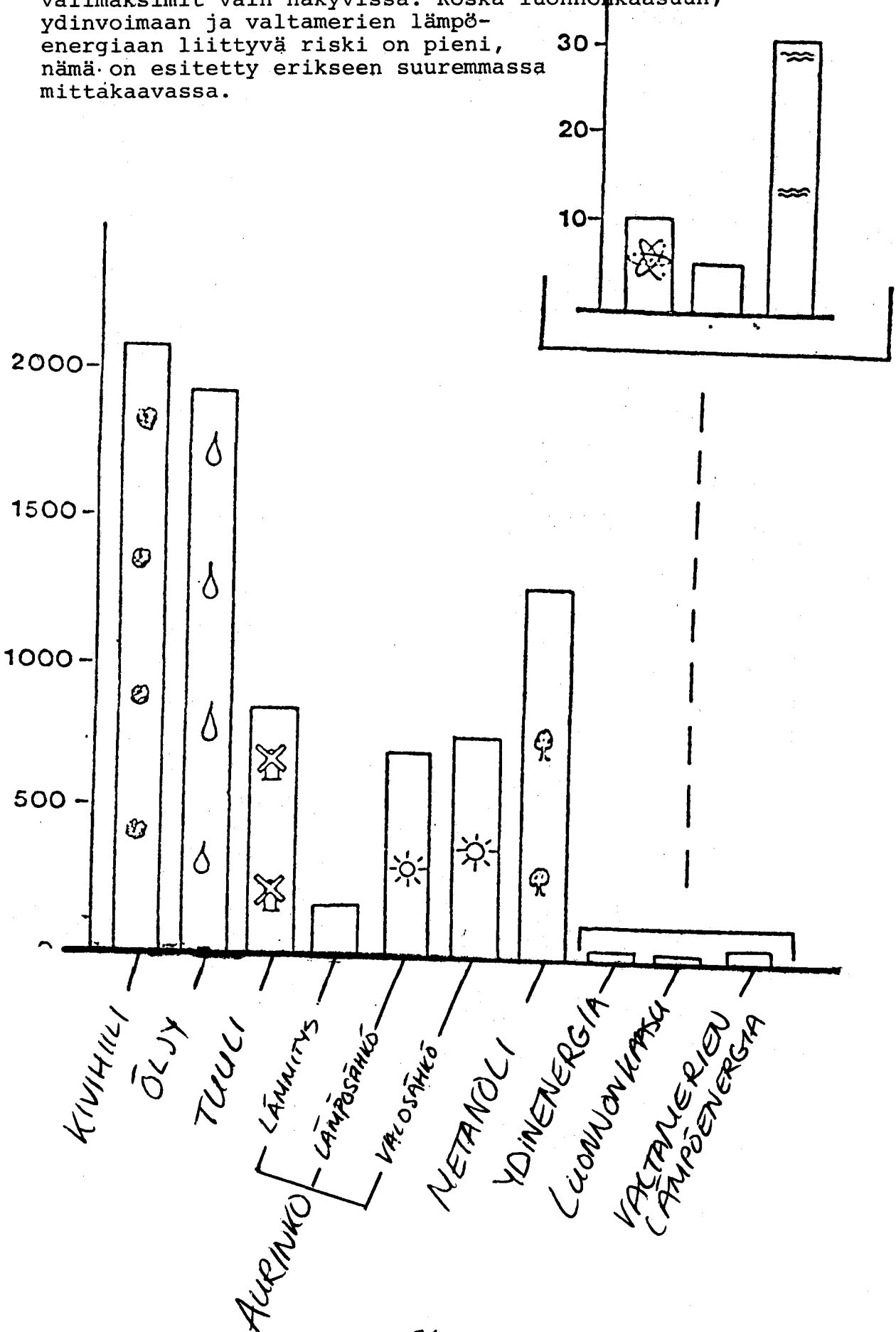
Tulokset

Tiettyyn systeemiin liittyvä kokonaisriski jakautuu kahteen komponenttiin, nimittäin ammatilliseen ja väestöön kohdistuvaan. Ammatillinen riski kohdistuu systeemiä rakentaviin ja käyttäviin työntekijöihin, kun sen sijaan väestöriski kohdistuu muuhun väestöön. Kuvassa 1 esitetään kokonaisriski laskettuna tuotettua nettoenergiayksikköä kohti kaikissa 10 tapauksessa.

Koska kaikki faktat eivät ole aivan tarkkoja, ne voidaan siis vain arvioida ja kullekin järjestelmälle on laskettu riskiväli. Tässä yhteenvedossa on käsitelty vain kunkin välin maksimi, koska ollakseen luotettava tarkastelu pitäisi suorittaa pahimman mahdollisen vahingon perusteella. Täydellisessä raportissa esitetään myös riskivälien minimi. Yleisesti ottaen näillä luvuilla ei kuitenkaan ole olennaista merkitystä suhteellisiin riskivertailuihin.

Kuva 1. Kymmenen energiajärjestelmän kokonaisriski tuotettua nettoenergiayksikköä kohti (megawattivuosi). Vaihteluvälimaksimit vain näkyvissä. Koska luonnonkaasuun, ydinvoimaan ja valtamerien lämpöenergiaan liittyvä riski on pieni, nämä on esitetty erikseen suuremmassa mittakaavassa.

MENETETYT HENKILÖPÄIVÄT



Kuvassa 1 käytetty yksikkö on menetettyjen henkilöpäivien lukumäärä systeemin elinaikana tuotettua nettoenergiayksikköä kohti. Energiayksiköksi on valittu megawattivuosi. Tämä energiamäärä kattaa 84 kanadalaisen vuosittaisen tarpeen.

Tärkeimpänä kuvasta 1 saatavana johtopäätöksenä voidaan pitää toteamusta, että joidenkin konventionaalisten lähteiden laskettu riski on ilmeisesti muutamien ei-konventionaalisten lähteiden riskiä pienempi. Kuitenkin ei-konventionaalisia lähteitä on perinteisesti pidetty ympäristöystävällisinä. Luonnonkaasuun liittyy pienin riski, joka on määritelty noin kuudeksi menetyksi henkilöpäiväksi megawattivuodessa. Seuraavana on ydinenergia, jolle vastaava luku on noin 10. Ei-konventionaaliset teknologiat johtavat melkoisesti suurempiin riskeihin. Tähän ryhmään kuuluvista valtamerien lämpöenergian hyväksikäyttö aiheuttaa pienimmän riskin eli 30 menetettyä henkilöpäivää, kun taas muiden riski ylittää ydinenergian riskin. Viime vuosina laajaa huomiota herättänyt aurinkoenergian käyttö lämmitykseen johtaa noin 110 menetettyyn henkilöpäivään. Suurimmat riskit liittyvät kivihiileen ja öljyyn, joista kumpikin aiheuttaa noin 2000 menetettyä henkilöpäivää megawattivuodessa.

Suuriko on vesivoiman sisältämä riski? Tietojen riittämättömyyden vuoksi asiasta ei voida esittää varmoja johtopäätöksiä. Alustavien tarkastelujen mukaan vesivoimasähkö voitaneen kuitenkin kokonaisriskiä arvioidessa sijoittaa järjestyksessä neljänneksi vaarattomimmaksi, siis luonnonkaasun ja ydinenergian jälkeen.

Mikä johtaa tällaisiin tuloksiin? Konventionaalisilla energialähteillä kuten kivihiilellä, öljyllä, luonnonkaasulla ja ydinenergialla on pienemmät materiaali- ja rakennusvaatimukset kuin ei-konventionaalisilla lähteillä. Joissakin tapauksissa ne ovat yli 300 kertaa pienemmät. Tämä heijastuu ammatilliseen riskiin: mitä enemmän materiaaleja käytetään sitä suurempi on riski.

Työntekijä- ja väestöriski voidaan arvioida erikseen, taulukko 1. Luonnonkaasuun liittyvä ammatillinen riski on pienin (n. 6 menetettyä henkilöpäivää), seuraavana järjestyksessä on ydinenergia (n. 9 menetettyä henkilöpäivää). Kummassakin tapauksessa tulos johtuu tuotettua energiayksikköä kohden käytetystä pienestä materiaalmäärästä.

Taulukko 1

Riski laskettuna menetettyinä henkilöpäivinä tuotettua energiayksikköä kohti

	Kivihiili	Öljy	Ydinenergia	Luonnonkaasu	Valtamerien lämpöenergia	Tuuli	Aurinko			Metanoli
							Lämmitys	Lämpö sähkö	Valo sähkö	
Työntekijäriski	73	18	8.7	5.9	30	282	103	101	188	1270
Väestöriski	2010	1920	1.4	-	1.4	539	9.5	510	511	0.4

Seuraavina ovat öljy ja valtamerien lämpöenergia (merenpinnan ja syvempien vesimassojen välinen lämpötilaero voidaan muuttaa sähköksi), joiden riskit ovat 20-30 menetetyin henkilötyöpäivän suuruusluokkaa. Kolmen aurinkoteknologian ja tuulienergian työntekijäriskit vaihtelevat sadasta kolmeen sataan menetettyä henkilötyöpäivää. Metanolin riskiarvo, yli 1200 menetettyä henkilötyöpäivää, on suurin, ja se johtuu puun sahaamiseen ja kuljetukseen liittyvistä vaaroista.

Järjestys hieman muuttuu väestöriskiä tarkasteltaessa. Jälleen luonnonkaasu on pienimmän riskin aiheuttaja menetettyjen henkilötyöpäivien lukumäärän ollessa mitättömän pieni. Ei-konventionaalinen teknologia, metanoli, on järjestyksessä toisena vähemmän kuin yksine menetettyine henkilötyöpäivineen, koska kyseinen teknologia ei aiheuta ilman saastumista.

Ydinenergia ja valtameriin sitoutunut lämpöenergia aiheuttavat seuraavaksi pienimmän väestöriskin eli noin 1.5 menetettyä henkilötyöpäivää. Ydinenergian tapauksessa päädytään alhaiseen väestöriskin arvoon, vaikka onnettomuusriskit on arvioitu konservatiivisesti tunnetun ydinvoiman vastustajan laskelmien perusteella.

Tuulienergia sekä auringon lämpösähkö ja valosähkö johtavat kukin merkittävään väestöriskiin. Tämä johtuu pääasiassa ilman saastumisesta, joka puolestaan aiheutuu teräksen sulattamisesta. Terästä tarvitaan nimittäin näissä teknologioissa. Lopuksi, kivihiili ja öljy aiheuttavat kumpikin koko väestössä noin 2000 henkilöpäivän menetyksen tämän myös johtuessa saastumisvaikutuksista.

Tausta

Raportti (AECB 1119) käsittelee tehtyjä johtopäätöksiä sekä niihin johtaneita tarkasteluja yksityiskohtaisesti, mutta tässä esitetään ainoastaan lyhyt yhteenveto.

Ihmisen terveyteen kohdistuva riski ei synny vasta sähköä kehittävän laitoksen tai aurinkopaneelin alkaessa tuottaa energiaa, vaan jo suunnitteluinsinöörin alkaessa suunnittelunsa paperilla. Riskiä liittyy materiaalien hankintaan, valmistelu- ja asennusvaiheeseen ja riskin olemassaolo lakkaa vasta asennusta purettaessa asennuksen käyttöiän loputtua. Tähän periaatteeseen nojaavat raportin laskelmat, toisin sanoen, kaikki mahdolliset riskit on otettava huomioon ilmeisten riskin lisäksi.

Vaikka useat laskelmat perustuvatkin 1000 megawatin energiantuotantolaitoksiin, harvojen systeemien teho on juuri tuo. Oletetaan, että kunkin järjestelmän materiaali- ja työvoimavaatimuksia voidaan mitoittaa ylös- tai alaspäin tapauksen mukaan.

Energiajärjestelmät ovat epähomogeenisia. Toisin sanoen energiaa voidaan tuottaa monella eri tavalla kivihiilestä, tuulesta, auringosta sekä kunkin käsitellyn teknologian avulla. Pyrittiin varmistumaan siitä, että tietty valittu asennus olisi tyypillinen energialähteelleen. Muunlaisilla asennuksilla voi olla hieman erilaisia materiaali- ja työvoimavaatimuksia sekä eri riskit.

Sekä katastrofiriskit että ei-katastrofaaliset riskit arvioitiin. Ydinreaktoreiden radioaktiiviset päästöt, öljy- tai kaasujohtojen vuodot, vesipatojen murtumat luovat suuria otsikoita. Mutta noihin harvoin järjestyksiin, jotka mahdollisesti voivat aiheuttaa vakavia onnettomuuksia, ei välttämättä liity suurin riski. Tulokset osoittavat, että suurin osa energiajärjestelmään liittyvistä riskeistä aiheutuu ei-katastrofaalisista, rutiininomaisista lähteistä.

Nykyistä teknologiaa vastaavine riskeineen sovelletaan. Mikäli jonkin teknologian piirissä saavutetaan tulevaisuudessa läpimurtoja muiden kustannuksella, tämän seikan pitäisi heijastua riskilaskelmien myöhemmissä tarkistuksissa.

Yleisesti ottaen sähkö on käsiteltyjen energiajärjestelmien lopputuote. Järjestelmissä (esim. aurinkoenergialla lämmittäminen tai metanoli), joissa lopputuotteena on lämpö tai mekaaninen energia vastaavasti, on käytetty sopivia kertoimia näiden ei-sähköisten energiamuotojen suhteuttamiseksi sähkөөn, joka olisi tarvittu niiden tuottamiseen.

Metodiikka

Vaikkei voidakaan osoittaa, että kaikki riskikomponentit olisi selvitetty, voidaan todeta seitsemän lähteen todennäköisesti muodostavan valtaosan energiatuotannon riskeistä. Nämä 7 ovat: polttoainetuotanto; komponenttien valmistus; laitoksen rakentaminen; käyttö ja huolto; yleinen terveys (mukaan luettuina mahdolliset katastrofit), kuljetus ja jätteiden käsittely.

Tarkastellaan esimerkiksi aurinkoenergialla tapahtuvaa lämmittämistä sekä sähköä tuottavia kivihiililaitoksia. Aurinkoenergian hyväksikäyttövaatii kuparin louhintaa putkistoja varten sekä hiekkaa lasia varten; kivihiililaitosta varten on louhittava kivihiiltä polttoaineeksi ja rautamalmia turbiinien rakentamiseen.

Vaikkeivät jotkut energiateknologiat vaadikaan polttoainetta sanan varsinaisessa merkityksessä, kaikki teknologiat tarvitsevat raaka-aineita ja jalostettuja tuotteita toimiakseen. Näiden hankkimiseen liittyy riski.

Näiden materiaalien kuljetukseen ei ole riskitöntä. Kuljetuksen tapahduttua energiasysteemien rakentaminen aiheuttaa edelleen riskejä eikä käyttöä eikä huoltoa pidä myöskään unohtaa riskianalyysissä.

Tietyt energiajärjestelmät aiheuttavat väestölle terveydellisiä riskejä. Kivihiili ja öljy saastuttavat ilmaa, ydinenergia synnyttää radioaktiivisia päästöjä ja vesivoimasähkön piirissä voi sattua patomurtumia. Lopuksi, jätteidenkäsittelyyn liittyy luonnostaan riskejä.

Suuri osa yksityiskohtaisista riskilaskelmista perustui kolmeen näkökohtaan: materiaali- ja polttoainetuotantoon, lämpöelementtien valmistukseen ja laitoksen rakentamiseen. Vaikka loput neljä riskilähdettä ovat myös tärkeitä, niiden aiheuttamat riskit löytyvät erilaisin ja yksinkertaisemmin keinoin.

Laskelmissa otetaan huomioon tietyn komponentin valmistukseen tarvittavien raaka-aineiden määrä ja henkilötyötuntien luku sekä komponenttien valmistukseen ja asennukseen kuluva aika. Järjestelmän rakentamisessa tarvittavat lopulliset materiaalit usein vaativat osittain jalostettuja materiaaleja ja raaka-aineita. Esimerkiksi teräs vaatii rautamalmia, kivihiiltä ja muita perusmateriaaleja. Raportissa otetaan huomioon kunkin lopullisen tuotteen valmistuksessa tarvittavien osittain jalostettujen materiaalien ja raaka-aineiden määrät.

Kaikille teollisuushaaroille on olemassa työtilastoja, joista näkyvät kuolemien ja vaurioiden lukumäärät sekä sairauden takia menetetty työaika työaikayksikköä kohden. Kunkin toiminnon vaatima henkilötyötuntien lukumäärä kerrotaan sitten kuolemien, vaurioiden tai sairauksien lukumäärällä henkilötyötuntia kohden, jolloin saadaan ammatillinen riski. Tämä riski voidaan johtaa materiaali- ja työvoimavaatimuksia esittävästä taulukoista.

Tarkastellaan seuraavanlaista esimerkkiä. Oletetaan X kivihiilitonnin louhimisen vaativan Y henkilötyötuntia. Mikäli menetetään Z kpl henkilötyöpäiviä työtuntia kohden, menetetään YZ/X henkilötyöpäivää kivihiilitonnia kohden. Kuhunkin järjestelmän osaan liittyvä riski löydetään samalla tavoin, ja niistä yhteen laskemalla saadaan arvioitua kokonaisriski.

Kuljetusriskiarvioita oli saatavissa konventionaalisille energialajärjestelmille kuten kivihiililaitoksille. Nämä arviot muunnettiin menetetyiksi henkilötyöpäiviksi kuljetetun materiaalin painoyksikköä kohti, ja tätä arvoa sovellettiin jokaiseen energialajärjestelmään.

Aikaisemmin on jo arvioitu konventionaalisten teknologioiden ja auringon lämpösähkön käyttö- ja huoltoriskit. Muiden järjestelmien huoltovaatimukset arvioitiin analogisesti hyvin tunnettujen huoltovaatimusten kanssa ja riski laskettiin työvoimatilastoista.

Väestöriskillä on kaksi merkittävää aiheuttajaa: tärkeimpänä on eittämättä ilman saastuminen. Kivihiilen ja öljyn palamisessa syntyvien rikkioksidien aiheuttama riski oletettiin näille teknologioille tyypilliseksi, joten muut saasteet jätettiin huomiotta. Toisena aiheuttajana ovat katastrofaaliset onnettomuudet. Sekä vesivoimasähkö että ydinenergia pystyvät saamaan aikaan vakavia onnettomuuksia - tosin hyvin pienellä todennäköisyydellä - jotka voivat vaikuttaa väestöön laajalla alueella.

Jätteidenkäsittelystä aiheutuvaa riskiä arvioitiin ainoastaan ydinenergiatapauksessa. Sitä arvioitiin konservatiivisesti nojautuen erään ydinvoiman vastustajan pessimistisiin ja näinollen suhteellisen suuriin arvioihin.

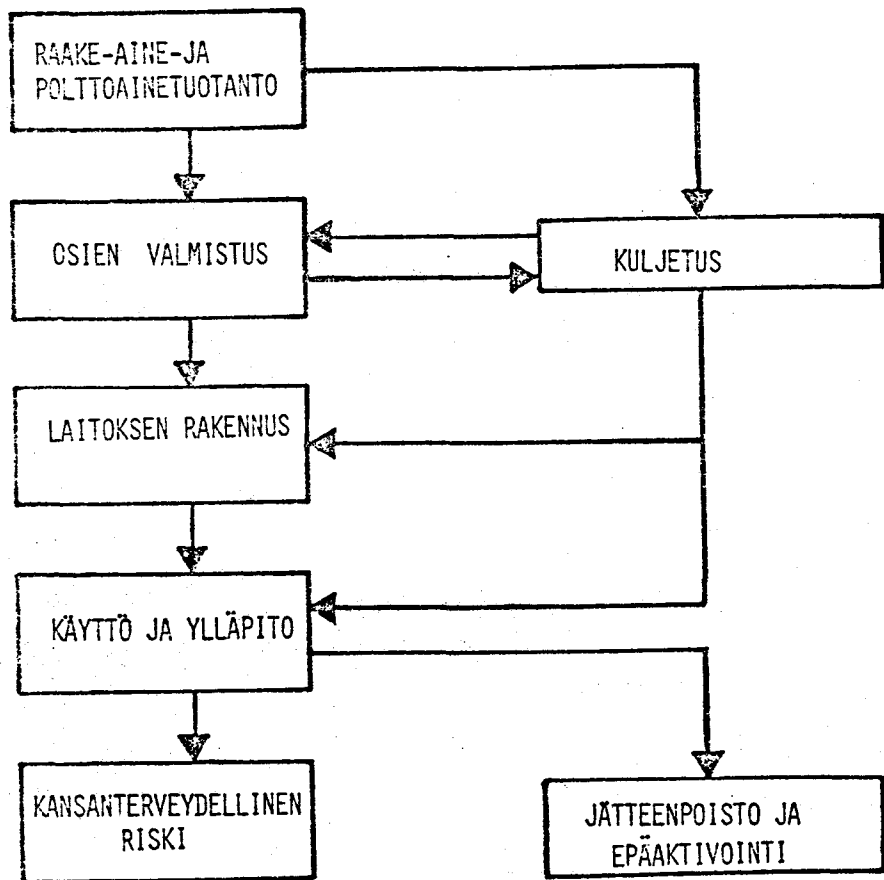
Vaikkei olekaan yksinkertaista tapaa kuoleman vaikutuksen arvioimiseksi suhteessa menetettyihin henkilötyöpäiviin, ainakin kolmessa aikaisemmassa tutkimuksessa yhden kuoleman on arvioitu vastaavan 6000 menetettyä henkilötyöpäivää. Tätä arvoa on tässä käytetty.

Johtopäätökset

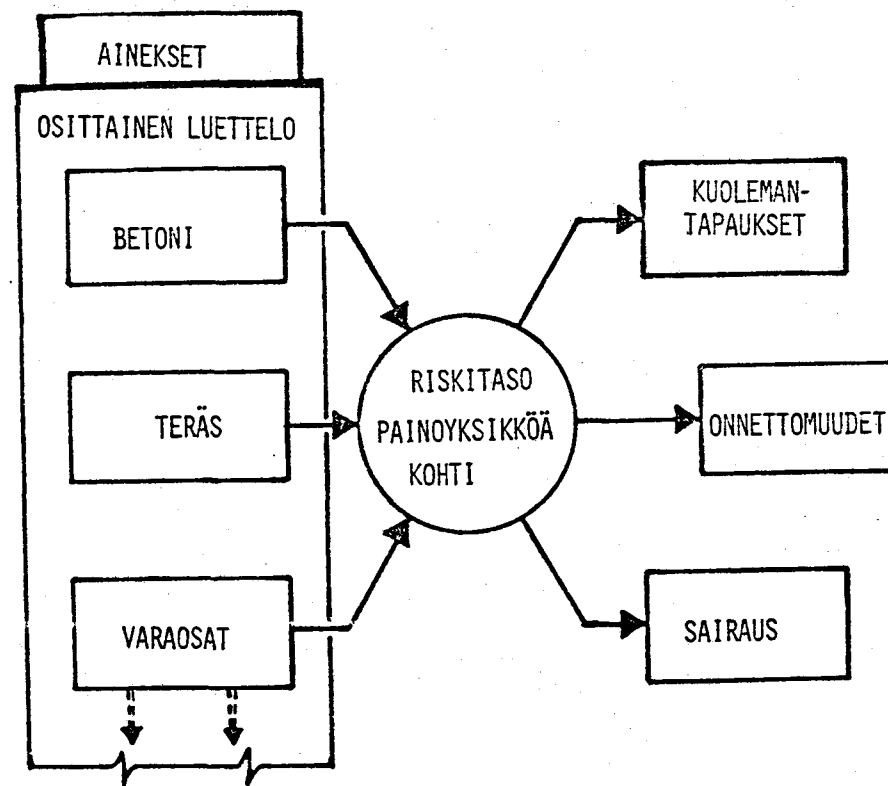
Huolimatta mahdollisista eduistaan ei-konventionaaliset energia-tekniologiat näyttävät johtavan suuriin terveysriskeihin arvioidessa koko energiatuotantokiertoa. Erikoisesti on sanottava, että niiden aiheuttama riski on paljon suurempi kuin riski, joka syntyy tuotettaessa sähköä ydinvoimalla tai luonnonkaasulla.

Muitakin johtopäätöksiä voidaan vetää. Voisi esimerkiksi olla hyödyllistä sijoittaa enemmän varoja pienen riskin omaavien teknologioitten tutkimiseen ja kehittämiseen. Kuvasta 1 nähdään eri vaihtoehdot selvästi.

Riskianalyysi tutkimusalana on vasta alussa. Vaikka energian tuotantoon liittyvä riski muodostaakin vain yhden valintaperusteen tarvittavaa teknologiaa valittaessa, puolueettoman ratkaisun tekeminen on vaikeata ilman suhteellisia riskejä koskevia tietoja.

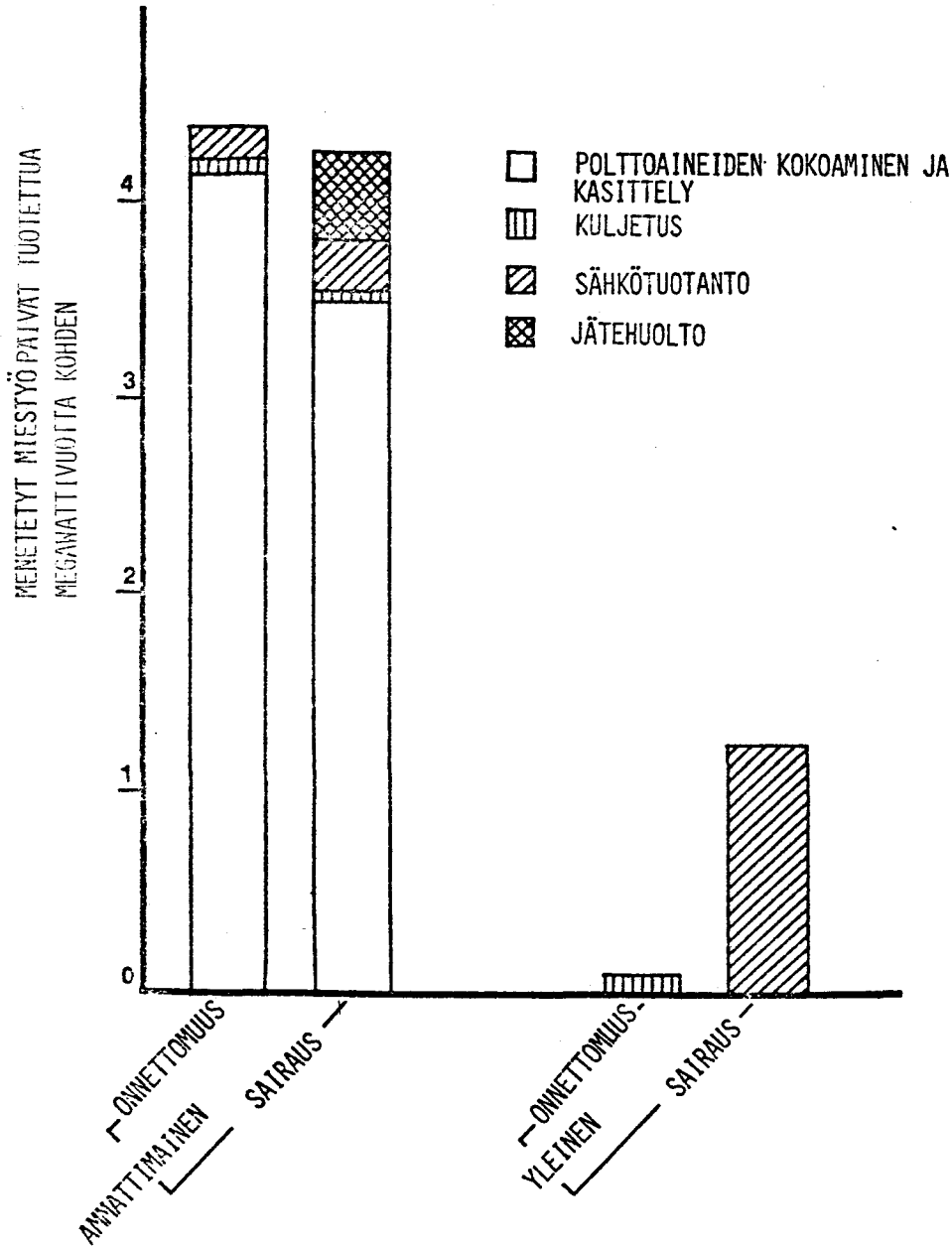


1. RISKIANALYYSSISSÄ TARKASTELLUT ENERGIAANTUOTANTOPROSESSIN VAIHEET

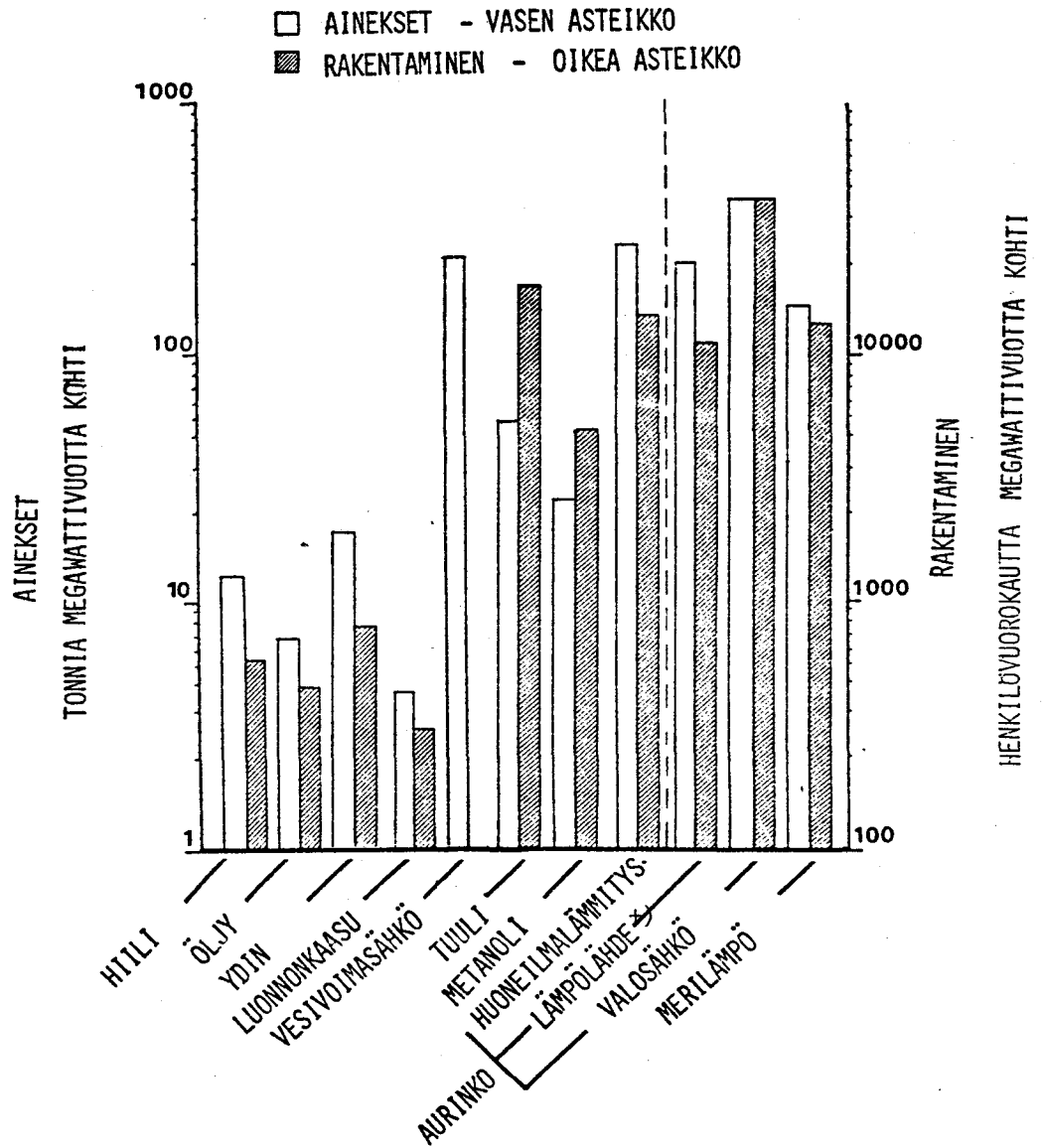


2. OSA RISKIIN ARVIOINTIMALLIA

SH



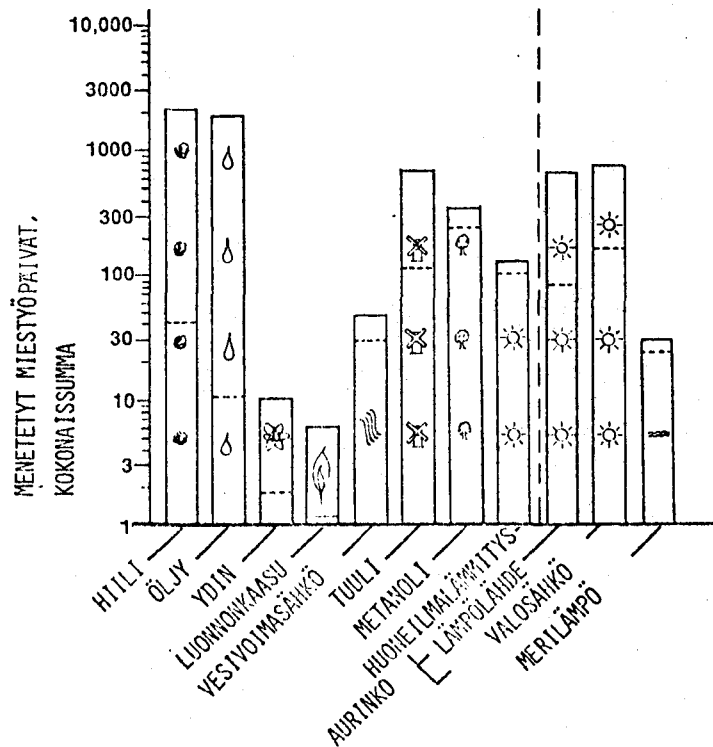
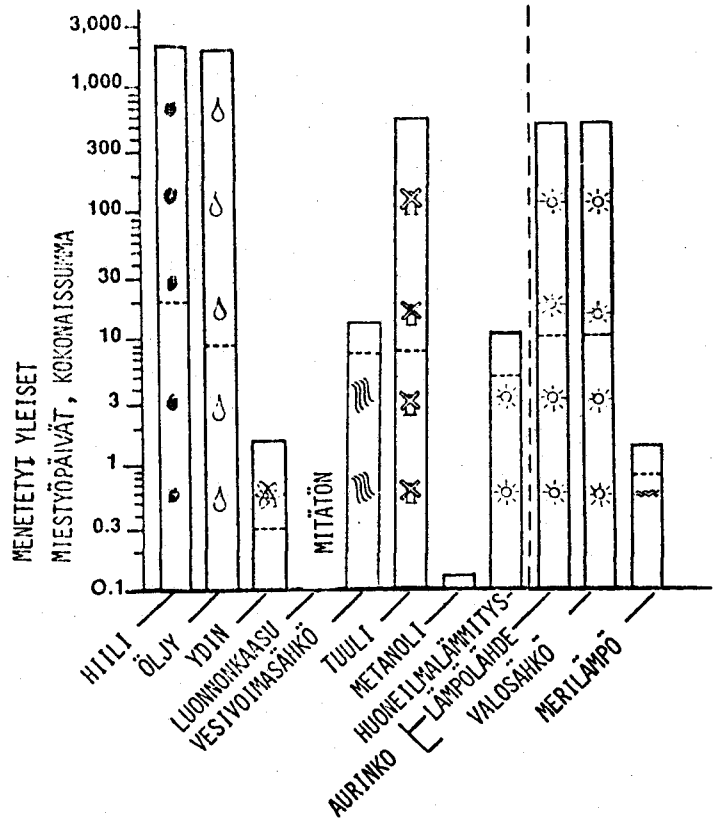
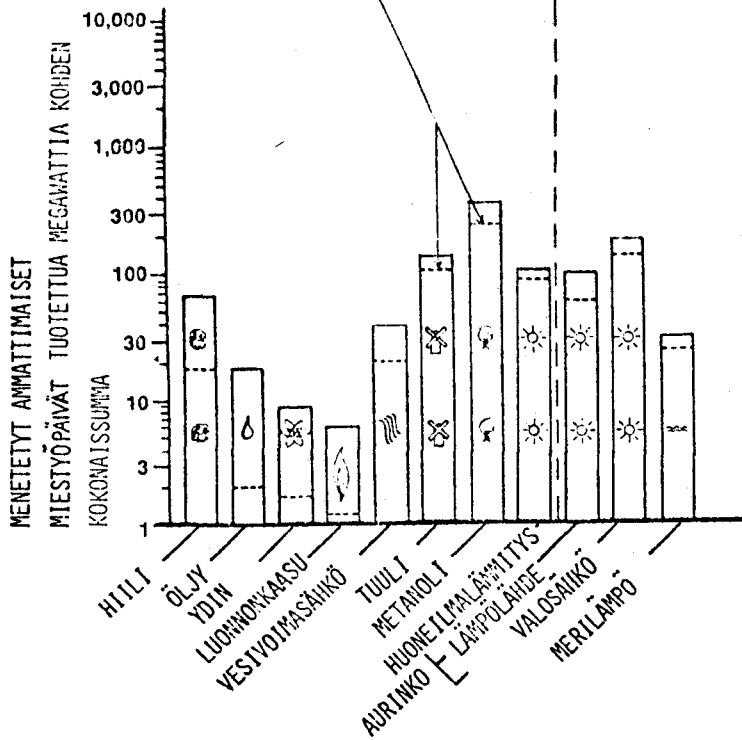
3. RISKIANALYYSIN TULOKSET YDINENERGIAN OSALTA



+) LÄMPÖLÄHDE = KESKITETTY SÄHKÖENERGIAN TUOTANTO PEILIJÄRJESTELMÄ-HÖYRYNKEHITIN - TURBOGENERAAATTORI - PROSESSIN AVULLA

4. ERI ENERGIANTUOTANTOMUOTOJEN VAATIMAT RAAKA-AINE- JA TYÖ-PANOKSET ENERGIAA KOHDEN

KATKOVIIVALLA EROTETTU OSA PYLVÄÄSTÄ
OSOITTAA ARVIOIDUN RISKIN VAIHTELUALUEEN



SUOMEN JA NEA:N VÄLISET YHTEYDET

Yleistä

Ennen kuin on syytä kertoa Suomen yhteyksistä NEA:aan lienee jokunen sana paikallaan siitä mikä NEA on ja miten se toimii.

Euroopan taloudellisen yhteistyö- ja kehitysjärjestön (Organization for Economic Co-operation and Development) (OECD) piirissä toimiva ydinenergiaelin (The OECD Nuclear Energy Agency) (NEA) perustettiin nykyisessä muodossaan 20.4. 1972 entisen European Nuclear Energy Agency (ENEA) tilalle. Tämä taasen oli perustettu jo 1957 silloisen OEEC:n yhteyteen. OEEC:hän puolestaan muutti myöhemmin nimensä OECD:ksi.

NEA:n jäsenenä on tällä hetkellä 23 valtiota (kuva 1). Lisäksi NEA:lla on yhteistyösopimus IAEA:n (International Atomic Energy Agency) ja EEC:n (Commission of the European Communities) eli Euroopan talousyhteisön kanssa. Suomi, joka oli jo aikaisemmin liittynyt OECD:n jäseneksi, liittyi myös NEA:n toimintaan v. 1976 alusta.

Rakenne

NEA:n toimintaa johtaa ylimpänä elimenä hallintokomitea (Steering Committee for Nuclear Energy). Tämän työ taasen on alistettu OECD:n Councilin alaisuuteen. Hallintokomiteassa ovat mukana kaikki NEA:n jäsenvaltiot ja IAEA:n ja EEC:n edustajat. Hallintokomitealla taasen on apunaan joukko erityiskomiteoita. Nämä ja niiden lukuiset alakomiteat ja työryhmät (working parties) on muodostettu jäsenmaiden nimittämistä erityisasiantuntijoista.

NEA:n pääkomiteat, niiden keskeisimmät alaelimet ja Suomen edustajat niissä ovat tällä hetkellä seuraavat:

- Steering Committee:
 - Ylijohtaja Erkki Vaara, KTM
 - varalla teollisuusneuvos Ilkka Mäkipentti, KTM
- Committee on Radiation Protection and Public Health:
 - Professori Aulis Isola, STL
 - varalla osastonjohtaja Anneli Salo , STL
- Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI):
 - Professori Antti Vuorinen, STL
 - varalla osastonjohtaja Tapio Eurola, STL
 - Sub-Committee on Licensing:
 - Professori Antti Vuorinen, STL
- Radioactive Waste Management Committee:
 - Ylitarkastaja Seppo Väisänen, STL
 - Co-Ordinating Group on Geological Disposal:
 - Fil.tohtori Heikki Niini, GTL
- Nuclear Fuel Cycle Committee:
 - Teollisuusneuvos Ilkka Mäkipentti, KTM
 - Working Party on Fuel Cycle Requirements:
 - Teollisuusneuvos Ilkka Mäkipentti, KTM
 - Joint NEA/IAEA Working Party on Uranium Resources:
 - Professori Kalevi Kauranne, GTL
- Committee on Reactor Physics:
 - Professori Pekka Silvennoinen, VTT
- Data Bank Committee:
 - Professori Pekka Silvennoinen, VTT

Tässä yhteydessä lienee syytä mainita NEA:n lisäksi myös muista OECD:n piirissä toimivista energia-alan elimistä seuraavat kaksi elintä:

- IEA (International Energy Agency), joka syntyi v. 1973 öljykriisin seurauksena lähinnä OECD:n öljyntuojamaiden yhteiselimeksi ns. oil sharing-ohjelman pohjalle. Myöhemmin mm. eri energiasektorien tutkimusohjelmien koordinointi on otettu tämän elimen tehtäväksi. Suomi ei ole mukana IEA:ssa.
- Energy Policy Committee, joka perustettiin lähinnä IEA:n ulkopuolelle jääneiden valtioiden aloitteesta IEA:han kuuluvien ja sen ulkopuolisten maiden keskustelufoorumiksi. Suomen edustajana on tekn.tri Seppo Hannus. IEA:n jäsenistön noustua jatkuvasti on tämän komitean merkitys supistunut, joskin siinä käsitellään yleensä pitempikäyttöisiä ongelmia IEA:n keskittyessä enempi päivänkohtaiseen problematiikkaan.

Sihteeristö ja organisaatio

NEA:n sihteeristöä johtaa pääsihteeri. V:sta 1977 pääsihteerinä on Mr. Ian Williams ja apulaispääsihteerinä Dr. William H. Hannum. Sihteeristön kokonaisvahvuus on n. 90, josta n. 60 kuuluu varsinaiseen sihteeristöön Pariisin päämajassa ja n. 30 NEA:n piirissä toimivan Nuclear Data Bankin henkilöstöön.

Hallinto-organisaatio jakautuu kahteen päähaaraan (kuva 2). Toiseen kuuluvat turvallisuus- ja säännöstökysymykset. Tässä haarassa on kolme osastoa: Turvallisuusosasto, Säteilysuojaus- ja jätehuolto-osasto sekä Juridinen osasto. Lisäksi osastossa on erityiselin, jolle kuuluvat informaatioasiat. Toiseen päähaaraan kuuluvat ydinenergian taloudelliset ja tekniset selvittelytehtävät, joita hoidetaan ydintekniikan kehitysosastossa, sekä ydinfysiikan alaan kuuluvat tehtävät, joita hoidetaan ydintieteen (Nuclear Science) osastossa. Sille kuuluu mm. Nuclear Data Bank'in tehtävät.

NEA:n budjetti vuodelle 1978 oli yhteensä 14,9 milj. Ranskan frangia. Siitä oli Suomen osuus 0,79 %, eli noin 117 000 mk. Lisäksi Nuclear Data Bank'in budjetti oli n. 8,9 milj. Ranskan frangia. Siitä oli Suomen osuus 1,32 %, eli myös noin 117 000 mk.

NEA:n piirissä toimivat myös seuraavat OECD:n yhteisyritykset (joint undertakings), joihin kuuluvat vain niihin erikseen liittyneet osapuolet. Näiden joukossa voi myös olla muita yhteisöjä kuin NEA:n jäsenvaltioita:

- OECD Dragon High Temperature Reactor Project
Päättynyt v. 1976.
- The European Company for the Chemical Processing of Irradiated Fuels (EUROCHEMIC). Perustettu v. 1957, lopettanut jälleenkäsittelytoiminnan v. 1974, mutta toimintaa jatkettu erityisjärjestelyin vuoteen 1979. Jäseninä Itävalta, Belgia, Tanska, Ranska, SLT, Italia, Hollanti (erosi 1975), Norja, Portugali, Espanja, Ruotsi, Sveitsi ja Turkki. Toimipaikka Mol, Belgia.
- The OECD Halden Reactor Project. Perustettu 1958, jonka jälkeen jatkunut 3-vuotiskausittain. Nykyinen periodi 1979-81. Mukana mm. Suomi.
- The Food Irradiation Project. Perustettu v. 1971. Mukana myös IAEA ja FAO. Mukana myös Suomi maa- ja metsätalousministeriön välityksellä.

Toiminta

NEA:n toiminta käsittää hyvin erilaisia ydinenergian käytön edistämiseen liittyviä tehtäväaloja.

- Erilaiset asiat ydinenergian käytöstä jäsenmaiden taloudellisessa kehityksessä

- Säännöstöjen ja vaatimusten harmonisointi ydinenergian käytön eri aloilla, kuten
 - turvallisuus
 - jätehuolto
 - atomivastuu ja -vakuutus
- Uraanivaranto, -tuotanto ja -kysyntäselvitysten laadinta
- Tieteellinen palvelutoiminta
 - data-aineistojen keruu
 - laskentaohjelmalvelu
- Yhteisten tutkimus- ja kehitysohjelmien toimeenpano
- Tiedotus- ja PR-toiminta
- Ympäristönsuojelun kysymykset
 - Erityisesti v. 1977 perustettu Multilateral Consultation and Surveillance Mechanism, jota NEA:n eräät jäsenvaltiot noudattavat radioaktiivisten jätteiden sijoittamisessa mereen. Mekanismi liittyy ns. Lontoon konventioon (the London Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter). Työ tapahtuu yhteistyössä OECD:n ympäristökomitean kanssa.

Atomivastuualan toimintaa rajaavat ns. Pariisin atomivastuusopimus (the Paris Convention of Third Party Liability in the Field of Nuclear Energy) ja ns. Brysselin lisäsopimus (the Bryssels Supplementary Convention). Suomen lainsäädäntö perustuu näihin yleissopimuksiin, joista jälkimmäiseen Suomi liittyi 1977.

NEA:ssa valmistuu vuosittain erilaisia tutkimuksia, jotka NEA julkaisee omassa julkaisusarjassaan. Tällaisia ovat mm. seuraavat viime aikoina ilmestyneet julkaisut:

1. Objectives, Concepts and Strategies for the Management of Radioactive Waste arising from Nuclear Power Programmes, OECD/NEA, September 1977

2. Uranium; Resources, Production and Demand, Joint report by OECD/NEA and IAEA, December 1977
3. Nuclear Fuel Cycle Requirements and Supply Considerations through Long Term, OECD/NEA, February 1978
4. Symposium on International Co-operation in the Nuclear Field; Perspectives and Prospects, OECD/NEA, February 1978
5. Storage of Spent Fuel Elements, Proceedings of the NEA Seminar, OECD/NEA, June 1978

Vuodesta 1968 NEA on toimittanut Nuclear Law Bulletin-nimistä aikakausjulkaisua.

Joulukuu 1957

OEEC

↓ -ENEA

OECD

-ENEA

↓ -NEA

Huhtikuu 1972

Itävalta, Belgia, Tanska, Ranska, Silt, Kreikka, Islanti, Irlanti, Italia, Luxemburg, Hollanti, Norja, Portugali, Espanja, Ruotsi, Sveitsi, Turkki, Iso-Britannia

v:sta 1972 Japani (liitännäisjäsen v:sta 1965)

1973 Australia

1975 Kanada (liitännäisjäsen alusta alkaen)

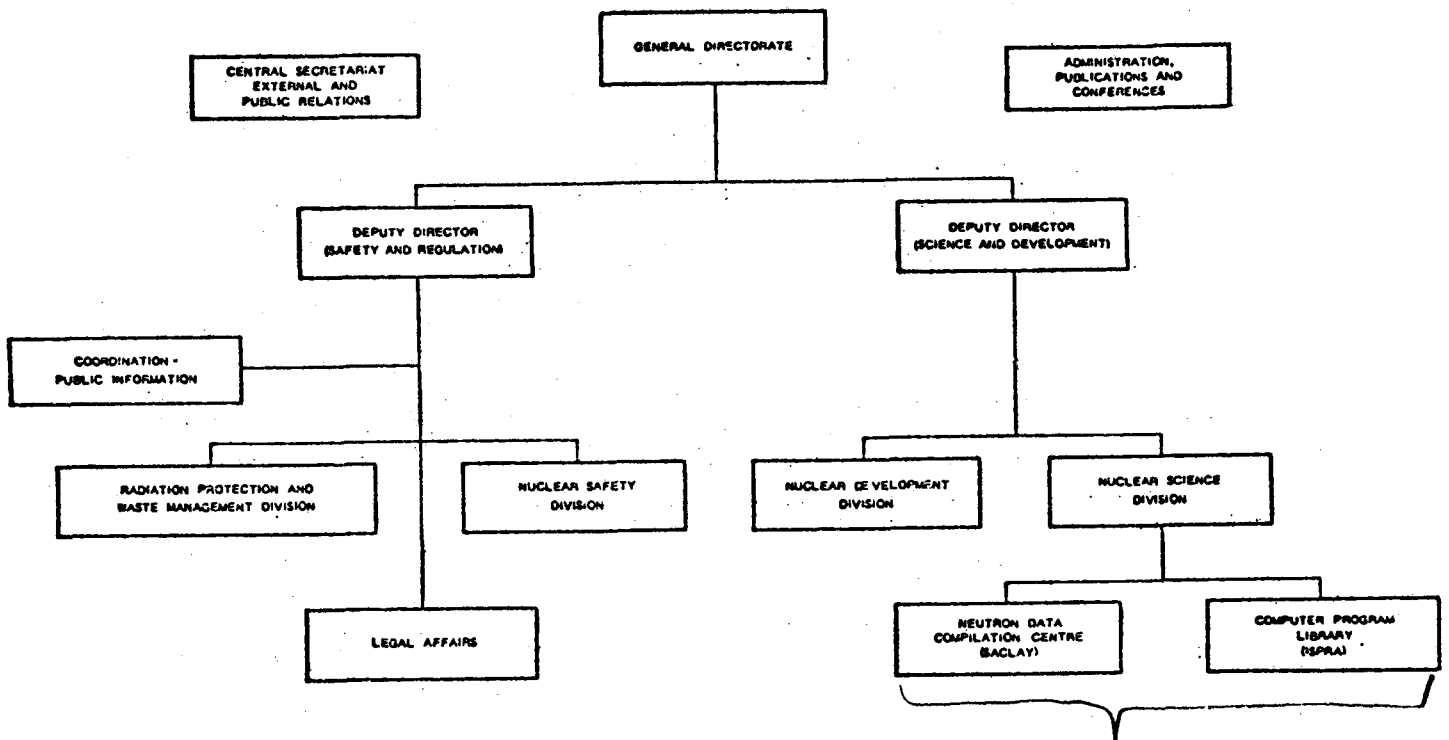
1976 Suomi

USA (liitännäisjäsen alusta alkaen)

-- IAEA } sopimusjärjestelyin
EEC }

Kuva 1. NEA:n kehitys ja jäsenet

ORGANISATION CHART OF THE OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY (NEA)



Yhdistetty v. 1978
Nuclear Data Bankiksi
(Saclay)

Kuva 2. NEA:n organisaatio

SÄTEILYSUOJELU JA YDINLAITOSTEN TURVALLISUUS NEA:N TOIMINNASSA

Yleistä

Tässä katsauksessa tarkastellaan NEA:n toimintaa säteilyturvallisuuslaitoksen toimialaan liittyvien asioiden kannalta ja kiinnittäen huomiota organisatoristen seikkojen osalta NEA:n ulospäin suuntautuvan toiminnan muotoihin. Tätä toimintaa käynnissäpitävän sihteeristön järjestäytymisrakenne ilmenee Ilkka Mäkipentin esityksestä.

Säteilyturvallisuuslaitos on kytkeytynyt NEA:n toimintaan siten, että Suomen edustajina on eräisiin komiteoihin nimetty joukko laitoksen palveluksessa olevia henkilöitä vakinaisiksi yhteyshenkilöiksi ja osallistumaan kyseisten komiteoiden toimintaan. Oheisesta liitteestä 1 ilmenee komiteoiden asema ja toimialat sekä niihin nimetyt laitoksen edustajat. Tämän esityksen laatimisessa ovat ystävällisesti avustaneet RPPH:n osalta Seppo Väisänen ja CSNI:n ECC-työryhmän osalta Kalevi Haule, joka myös on osallistunut ko. työryhmän toimintaan.

Työskentelymuodoista

NEA:n ammatillisessa toiminnassa keskeistä osaa näyttelevät tiettyjä toiminta-aloja hoitamaan valitut komiteat. Komiteoiden tehtävänä on ohjata ja pitää käynnissä sihteeristön avustuksella melko monipuolista koneistoa, jossa jäsenmaiden asiantuntijoilla erilaisissa työmuodoissa on keskeinen tehtävä. Liitteessä 2 on kaavion muodossa yritetty havainnollistaa käytettyjä toimintamuotoja ja lueteltu tuloksena syntyvien julkaisujen nimiä käyttäen alkuperäisiä nimityksiä (niille tosin löytyy myöskin ranskankieliset nimet).

Ohjelmasta

Suuntaviivat NEA:n ohjelmalle vuodeksi 1979 on esitetty Steering Committee'n julkaisussa "NEA Programme of Work for 1979 NE(78)9". Tästä todettakoon vain lyhyesti, että toiminnan painopiste on asetettu ydinjätehuollon ja ydinlaitosten turvallisuusalueelle. Kuitenkin on pidettävä samalla mielessä,

että ydinpolttoainekierron taloudelliset ja teknilliset analyysit ovat voimakkaan mielenkiinnon kohteena. Tällä alueella vallitsee kuitenkin INFCE:n valmistumista odottava tunnelma. Edelleen on muistettava, että yritykset ydinenergian maineen parantamiseksi suuren yleisön silmissä eivät ole joutaneet tyydyttävään tilanteeseen, vaan suhteet ydinenergia-teollisuuden ja osaksi koko ydinenergiatekniikan alalla työskentelevien ja muun maailman välillä ovat erilaisten epäluulojen ja väärinkäsitysten värittämät.

RPPH:n toiminnasta

Tehtävät

Säteilysuojelu- ja kansanterveyskomitea (RPPH) käsittelee, nimensä mukaisesti, säteilysuojeluun ja kansanterveyteen liittyviä ja jäsenmaita yleisesti kiinnostavia kysymyksiä. Käsiteltävät ongelmat ovat käytännöllisesti katsoen kattaneet koko säteilysuojelukentän. RPPH:n tulee työssään asettaa etusijalle ydinvoimaan liittyvät säteilysuojeluongelmat - tätä on erityisesti korostettu uuden pääjohtajan aikana. Muun sopivan foorumin puuttuessa ovat RPPH:n jäsenet kuitenkin pitäneet tärkeänä säilyttää toiminta laaja-alaisena. Tätä on pidetty tärkeänä myös suhteellisuuden säilyttämiseksi ydinvoimaan liittyvien ja muiden säteilyriskien välillä.

Asiasta käydään edelleen keskustelua ja komitealle etsitään uusia työskentelymuotoja.

Yhteistyö

RPPH-komitea työskentelee tiiviissä yhteistyössä ICRP:n, UNSCEAR'in, IAEA:n, CEC:n sekä OECD:n ympäristökomitean ja NEA:n jätekomitean ym. kanssa. Em. organisaatioiden edustajat ovat läsnä RPPH-komitean kokouksissa tiedottaen säännöllisesti oman organisaationsa piirissä käynnissä olevasta toiminnasta, joka liittyy RPPH-komitean työhön. Tämänkaltaisen yhteistoiminta on varsin tärkeätä

- päällekkäisyyksien välttämiseksi
- palautteen saamiseksi mm. ICRP:lle siitä, mitä ongelmia sen laatimien suositusten soveltamisessa käytäntöön esiintyy
- jotta RPPH-komitean työssä voidaan nopeasti hyödyntää muissa kansainvälisissä organisaatioissa tapahtuneen kehityksen tuloksia.

RPPH-komitea osallistuu mm. säteilysuojelunormien uusi-
miseen ICRP 26:n pohjalta. Työ suoritetaan IAEA:n, WHO:n,
ILO:n ja NEA:n yhteishankkeena.

Normityön ensimmäinen luonnos oli v. 1978 lausunnolla jäsen-
maissa. Runsaslukuisten huomautusten johdosta suositukset
on päätetty jakaa kolmeen osaan:

1. kuvaus peruseriaatteista, varsinainen normiosa
(sisältäen olennaisesti ICRP 26:n)
- 2.-3. tulkintaa ja sovellutuksia käsittelevät, selittävät
osat.

Tärkeimmät toimintasektorit ja niillä käynnissä olevat
työt

1. Erittäin laajan sektorin RPPH-komitean työssä muodostavat
suoranaisesti ydinvoimaan liittyvät säteilysuojelukysymykset.

Jätteiden mereen upottamisen osalta käsitellään parhaillaan
seuraavia asioita:

1. asiantuntijaryhmän laatimaa väliraporttia Koillis-Atlantilla
sijaitsevan upotuspaikan soveltuvuudesta edelleen radioaktiivis-
ten jätteiden upotukseen.
2. neuvoa-antavan ryhmän suorittaman selvityksen pohjalta
käsitellään upotuspaikkojen ympäristömonitoroinnin tarvetta.
3. upotusorganisaatiosta ja valvonnasta laadittua suositus-
luonnosta käsitellään niinikään.

Ydinjätteiden käsittelyn ja varastoinnin perusfilosofiaan liittyviä säteilysuojeluperiaatteita käsitellään RWM-komitean ja RPPH-komitean yhteisen työryhmän laatiman selvityksen pohjalta.

Plutoniumin ja eräiden muiden transuraanien biologista ja ympäristökäyttäytymistä koskeva selvitys on valmistavana työryhmässä.

Polttoainekierrosta vapautuvien H-3, C-14, Kr-85 ja J-129:n säteilysuojelullisesta merkityksestä ja niiden käsittelystä on valmistumassa asiantuntijaryhmän raportti. Ryhmä on käsitellyt ko. nuklidien terveydellisiä vaikutuksia, niiden valvontaan ja pidättämiseen liittyviä ongelmia ja kustannuksia. Aiheesta laaditaan erikseen teknillinen raportti ja sen jälkeen analysoidaan tulokset mahdollisten toimenpiteiden kannalta toisessa raportissa.

V. 1978 aloitettiin IAEA:n kanssa yhdessä projekti, jonka puitteissa kerätään jäsenmaista tiedot ydinvoimateollisuudessa esiintyvistä työntekijöiden säteilyannoksista. Aineiston käsittelyssä käytetään apuna konsulttia. Alustavat tutkimustulokset raportoidaan Los Angelesissa kesäkuussa 1979 pidettävässä symposiossa.

V. 1976 järjestettiin asiantuntijakokous Pariisissa, jossa käsiteltiin suunnittelua ydinonnettomuuden varalle. Tämän kokouksen seurauksena julkaistiin raportti kansallisista toimintasuunnitelmista.

Samaa aihetta on käsitelty edelleen IAEA:n ja NEA:n yhdessä järjestämässä symposiossa (Wien -77). IAEA:ssa on sitä käsitelty kahdessa asiantuntijakokouksessa (Ankara -76 ja Lissabon -77) tarkoituksena julkaista ohje toimenpiteiden suunnittelusta onnettomuustilanteiden varalle. IAEA:n työ ei kuitenkaan käsittele säteilysuojelukriteereitä eikä niihin liittyviä vertailuannostasoja eikä myöskään käytännön sovellutuksia onnettomuustilanteissa. Tämän vuoksi RPPH-komitea jatkaa toimintaansa tällä sektorilla todennäköisesti järjestämällä uuden asiantuntijakokouksen nimenomaan suojelusuunnittelussa käytettävien numerollisten vertailuannostasojen ja kriteerien käyttöön liittyvien ongelmien käsittelemiseksi.

2. Luonnolliseen säteilyyn liittyvät säteilysojelu-
kysymykset

Kaivoksiin liittyviä säteilysojeluongelmia käsiteltiin v. 1976 pidetyssä asiantuntijakokouksessa Elliot Lakessa. Kokouksen aiheena oli radonin ja sen tyttären henkilö- ja paikkamonitorointi (erityisesti uraanikaivoksissa). RPPH-komitea järjesti toisen vastaavan kokouksen Pariisissa 1978. Kokouksessa esitetyt raportit tullaan julkaisemaan. Kokouksessa käytyjen keskustelujen perusteella on tehty eräitä johtopäätöksiä, joita RPPH-komitea tulee käsittelemään käynnissä olevan yleisemmän luonnonsäteilyä koskevan työnsä yhteydessä.

Todennäköisesti n. 2 vuoden kuluttua tullaan jälleen järjestämään tämänkaltaisen kokous.

Uraanikaivosten jätemateriaalia koskevia ongelmia käsiteltiin Albuquerqueassa 1978 pidetyssä seminaarissa. RPPH-komitea on asettanut yhdessä RWM-komitean kanssa työryhmän tutkimaan ko. seminaarin tuloksia ja ehdotuksia ja laatimaan ehdotuksen NEA:n työohjelmaksi tällä sektorilla.

Rakennusmateriaalien sisältämiin radioaktiivisiin aineisiin liittyviä säteilysojeluongelmia on selvitelty RPPH-komitean asettaman asiantuntijaryhmän toimesta ja sen laatima raportti julkaistaan lähiaikoina. Raportti käsittelee erityisesti aiheeseen liittyviä fysikaalisia ongelmia. RPPH-komitea ei sensijaan ole valmis rakennusmateriaalien radioaktiivisuutta sääntelevien normiluontoisten suositusten antamiseen.

Yleiset säteilysojeluperiaatteet luonnon säteilyn yhteydessä ovat olleet kehitteillä. Luonnon radionuklideihin liittyviä säteilysojeluongelmia yleisesti ja kiinnittäen erityistä huomiota polttoainekiertoon liittyviin luonnollisen säteilyn

ongelmiin käsiteltiin NEA:n järjestämässä työkokouksessa Arlingtonissa 1978. Kokouksessa pyrittiin löytämään yleiset periaatteet ko. ongelmien käsittelylle. Kokouksen raporttia ei kuitenkaan pidetty sopivana julkaistavaksi. Aiheen käsittely RPPH-komiteassa on kesken. Arlingtonin kokouksen raportti annettiin kuitenkin ICRP:n 4. komitean käyttöön, edelleen kehitettäväksi.

3. Muut asiat

Muilta kuin edellämainituilta sektoreilta olevia asioita käsitellään RPPH-komiteassa jatkuvasti niinikään. Näistä ehkä merkittävin sektori on kuluttajatuotteet ryhmänä. Aikaajoin ovat erilliset tuoteryhmät kuten kellot, savukaasuilmaisimet, ukkosenjohdattimet jne. nousseet päällimmäisiksi. Tällä hetkellä käydään keskustelua siitä, miten kuluttajatuotteisiin liittyviä säteilysuojeluongelmia tulisi käsitellä; miten niiden aiheuttaman säteilyrasituksen oikeutusta voidaan arvioida ja niiden käyttöä säännellä.

RWMC:n toiminnasta

Perustaminen ja tehtävät

Perustamispäätös tehtiin Steering Committee'ssa 23.6.1975, tehtäväkuvaus hyväksyttiin 9.10.1975 ja ensimmäinen kokous pidettiin 6-7.10.1975. Suomen edustaja osallistui ensimmäisen kerran kokoukseen 23.-24.11.1976.

Komitean yleisenä tehtävänä on huolehtia jäsenmaiden ydinjätehuollon tutkimus- ja kehitystoiminnan koordinoinnista yhteistyössä CSNI:n ja CRPPH:n kanssa. Tarkemmat tehtävä-

alueet ovat:

- ydinjäteteknologian seuraaminen
- kansallisten toimintojen koordinointi; duplikoinnin ehkäisy ja laajan kokonaisnäkömyksen edistäminen
- yhteistyöohjelmien ja -projektien edistäminen ja aikaansaaminen
- tulosten arviointi
- yleisten toimintalinjojen kehittäminen
- tiedonvälityksen parantaminen, yleisön informointi mukaanlukien

Toiminta

Tehtävänkuvauksensa mukaisesti komitea on kartoittanut ja seurannut ydinjätealan eri sektoreilla tehtävää työtä jäsenmaissa, tutkinut mahdollisuuksia yhteistyöhön ja tehnyt ehdotuksia konkreettisiksi yhteistyöohjelmiksi ja -projekteiksi.

Säännöllisesti käsiteltyjä osa-alueita ovat olleet mm.:

- jätteiden sijoitus geologisiin muodostelmiin
- jätteiden mereenupotus
- jätteiden sijoitus merenpohjaan
- alfa-akt.jätteiden käsittely ja varastointi
- ydinlaitosten käytöstäpoisto ja dekontaminointi
- uraanintuotantolaitosten jätteet
- korkea-aktiivisen jälleenkäsittelyjätteen käsittely

- jätteiden luokitus

Komitean alaisuudessa toimii pysyvä geologinen koordinaatio-ryhmä, jonka tehtävänä on jätteiden geologiseen sijoitukseen liittyvien toimintojen koordinointi. Suomen edustajana tässä ryhmässä toimii tri Heikki Niini. Tätä työtä varten on komitean toimeksiannosta laadittu erityinen toiminta-ohjelma, jonka Steering Committee on hyväksynyt. Ohjelma on jo johtanut konkreettisiin projekteihin, joihin myös suomalaiset organisaatiot osallistuvat.

Muilla osa-alueilla on nimetty ad hoc-tyyppisiä työryhmiä tekemään selvityksiä ja toimintaehdotuksia. Pysyväksi ryhmäksi on muodostunut toistaiseksi epävirallinen merenpohjatyöryhmä (Seabed Working Group).

Komitean aloitteesta on järjestetty lukuisia seminaareja ja asiantuntijakokouksia, osa näistä yhteistyössä IAEA:n kanssa.

Ydinjätealan yleisiä suuntaviivoja koskevasta työstä mainittakoon erityisesti ns. Polvanin raportti, jonka laati asiantuntijaryhmä CRPPH:n ja RWMC:n yhteisestä toimeksiannosta. Tämän raportin voidaan katsoa pääosin vastaavan komitean käsityksiä ydinjätehuollon tilanteesta ja suositeltavista toimintalinjoista, vaikka se onkin julkaistu asiantuntijaryhmän raporttina.

Komitean työssä pyritään jatkuviin yhteyksiin muihin kansainvälisiin organisaatioihin; IAEA:n, CEC:n ja Eurochemic'in edustajat ovat yleensä läsnä kokouksissa.

Ajankohtaisia asioita

Parhaillaan esillä olevista asioista mainittakoon uusittujen mereenupotusohjeiden luonnokset, geologiseen ohjelmaan liittyvät projektit, uraanintuotannon jätteiden työryhmän (RWMC, CRPPH) toiminta, pitkäikäisten kaasumaisten jätteiden (^3H , ^{14}C , ^{85}Kr , ^{129}J) ongelmat sekä yleinen jätteiden sijoitusfilosofia. Viimeksimainittua valmistelemaan on asetet-

tu työryhmä (RWMC, CRPPH); tähän ongelmakenttään kuuluvat mm. ns. vapaarajat.

Suomen kannalta erityisen merkittävä on geologinen ohjelma, jonka osaprojekteihin osallistutaan. Kysymykset pitkäikäisistä kaasumaisista jätteistä sekä vapaarajat ovat tärkeitä ainakin säännöstötyötä ajatellen.

CSNI:n toiminnasta

Perustaminen

CSNI:n toiminta on jatkoa ennen NEA:n perustamista ENEA:n piirissä käynnistyneelle CREST-toiminnalle. Jo tältä ajalta ovatkin peräisin eräiden vieläkin hyvin ajankohtaisten aiheiden käsittely.

Tehtävät

Tämänhetkiset toimintakohteet ovat lähinnä seuraavat:

Research index (IEA)

Rare event data
 common mode
 human factor

Licensing process
 Exchange of experience
 gra (probability analysis)

Exchange of experience on accidents
 and incidents
 generic factors
 updating

Siting
 External factors
 underground (off-shore)
 seismic safety

Reactor safety
 ECC
 Containment loading
 Fuel element behaviour

Safety aspects of steel components
 Status report
 Fracture mechanics
 Pisc

Major Accident

LMFBR
 FCI (LWR)

CSNI:n alakomitean

Sub-Committee on Licensing työkohteet

WG Regulatory review and
assessment practices in the
licensing process

WG Regulatory inspection

Reports on major regulatory measures on decisions adopted
in member countries

Views on the use of quantitative risk assessment techniques

National reports on accidents and incidents

Proposed system for reporting on analyzing operating
experience in LWR:s

Compilation on the safety and siting of nuclear installations
near international borders

Compilation of the procedures and methodologies for nuclear
plant site selection

Description of licensing systems and inspection of nuclear
installations in member countries

Progress of work regarding occupational exposure trenos
in nuclear power installations

Revision of the list of safety topics for priority
considerations

Status report on the IAEA programme of development of
codes of practice and safety guides (nuss programme)

CSNI:n ECC ad hoc-työryhmän toiminnasta

Tarkoitus

Työryhmän perustamisen jälkeen ryhmä on itse pyrkinyt selvittä-
mään/selventämään toimintansa tarkoitusta ja tullut seu-
raavaan tulokseen:

Tarkoitus on:

1. Pyrkii löytämään sellaisia sydämen hätäjähdytys-

(ECC) tutkimukseen ja viranomaisluvitukseen hyväksymiskriteereihin liittyviä ongelma-alueita, joilla kansainvälinen yhteistyö olisi hyödyllistä, sekä suositella CSNI:lle sopivia toimintalinjoja, sekä esittää niiden kiireellisyys ja tarpeellisuusarvioita.

2. Arvioida niiden kokousten johtopäätöksiä ja suosituksia, jotka CSNI on järjestänyt ECC-asioista, sekä hankkia CSNI:lle ECC:een liittyviä tilanneraportteja.
3. Vaihtaa tietoja sydämen hätäjähdytykseen liittyvistä tutkimusohjelmista ja viranomaisluvitukseen liittyvistä hyväksymiskriteereistä.

Osanottajat

OECD-maiden alan tutkijoita ja viranomaisia.

Toimintatapa

- muutaman päivän kokouksia kerran vuodessa yleensä jonkun muun, alaan liittyvän kokouksen tms. yhteydessä, tai erillisiä kokouksia alan tutkimuskeskuksissa
- työryhmän puheenjohtajat ovat tähän mennessä olleet USA:sta, Englannista ja Saksan Liittotasavallasta
- voimakkaimmin toiminnassa mukana ovat olleet USA, Saksan Liittotasavalta, Japani, Ranska, Englanti
- kokouksia on pidetty tähän mennessä viisi kertaa.

Pidettyjen kokousten aiheita

Kokouksissa on tavallisesti pari erityistä teemaa, joista pidetään esitelmiä ja esitetään tutkimustuloksia. Aiheita ovat olleet esim:

- 2-faasivirtaus
- ECC-veden sekoittuminen

- epätasapaino faasien välillä
- reflooding (uudelleen täyttyminen)
- CCFL (höyry estää vastavirtaisen veden kulun)
- polttoaineen uudelleenkastuminen
- numeeriset benchmark laskut

Aiheista on ollut sekä kokeelliseen että teoreettiseen (esim. tietokoneen ohjelmien kehittäminen) tutkimukseen liittyviä esityksiä.

Esityksiä ovat pitäneet lähinnä em. ydintutkimuksen suurmaat (USA, Saksan Liittotasavalta, Japani, Ranska, Englanti).

Standardiprobleemat

Työryhmän yhtenä toimintamuotona on ns. standardiprobleemojen suorittaminen. Standardiprobleemat ovat tietokoneanalyysjä tehdyistä, ECC:hen liittyvistä kokeista.

Tämän toiminnan tavoitteena on:

- pyrkiä antamaan parempi käsitys mahdollisen LOCA:n kulusta sekä ECC-järjestelmien vaikutuksista siihen
- verrata best-estimate -ohjelmien tuloksia kokeisiin
- arvioida ohjelmien kykyä analysoida oikein LOCA LWR:ssa
- auttaa arvioimaan lisensiointi LOCA-analyysien turvallisuusmarginaaleja.

Toistaiseksi on tehty tai tekeillä kahdeksan standardiprobleemaa. Toiset näistä ovat olleet yksinkertaisten kokeiden simulointeja, joilla lähinnä pyritään selvittämään jotain tiettyä ohjelman osamallin kykyä, toiset taas ovat olleet mutkikkaampia järjestelmäkokeiden simulointeja (esim. Loft L1-4), joiden tuloksista voitaneen päätellä jotain koko ohjelman (ja myös ohjelman käyttäjän) kyvystä.

Työryhmä on todennut jo tehtyjen standardiprobleemojen osoittavan, että kaikkia jäähdytteenmenetyssonnettomuuden aikaisia ilmiöitä ei pystytä kuvaamaan oikein nykyisillä "best estimate" -ohjelmilla. Tarvitaan ohjelmia, joissa fysikaaliset ilmiöt on kuvattu paremmin. Tällaisia ohjelmia on jo tekeilläkin. Näiden ohjelmien verifiointissa voitaisiin sitten mahdollisesti tehdä kansainvälistä yhteistyötä: "yksi tekee ohjelman, toinen kokee, muut suorittavat verifiointilaskut".

Työryhmän käsitys tutkimustarpeesta

Seuraaviin tulisi kiinnittää huomiota:

1. 2-faasimittaustekniikan kehittäminen
2. parannettujen tietokoneohjelmien kehittäminen huomioiden erityisesti:
 - uudelleenkastuminen ja uudelleentäyttö
 - ECC-veden aiheuttama epätasapaino
 - faasien erottuminen
 - nippujen lämmönsiirtokriisi transientti-tilassa
3. parannettujen korrelaatioiden kehittäminen seuraaville ilmiöille:
 - reaktoripaineastian rengastilan (downcorner) virtaukset (vesi, höyry)
 - pumppujen 2-faasikäyttäytyminen
 - DNB:n jälkeinen lämmönsiirto transientissa
 - kriittinen virtaus

ECC-työryhmä on ollut toistaiseksi lähes puhtaasti lämpö- ja virtaustekninen ryhmä, nyt on kuitenkin tarkoitus liittää ryhmän toimintaan myös polttoaineeseen liittyviä asioita, ja niinpä seuraavaan kokoukseen on tarkoitus tulla myös polttoainemiehiä.

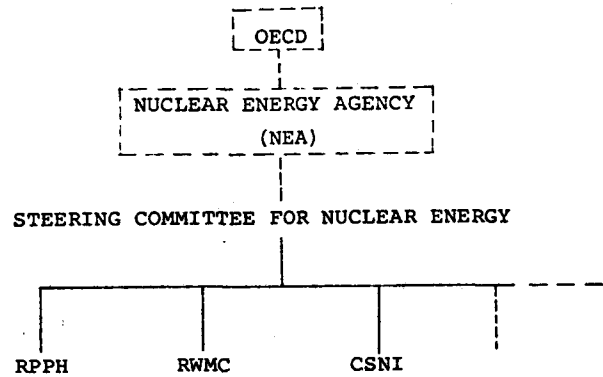
Havaintoja NEA:n työskentelystä

Voidaan tietenkin kysyä missä määrin erilaisten kansain-

välisten organisaatioiden työ on päällekkäisyyden vuoksi tuottavuudeltaan kyseenalaista. Siltä osin NEA:n työskentelyä, jota säteilyturvallisuuslaitoksessa on seurattu on todettava, että päällekkäisyyden välttämistä on huolehdittu. On keskitytty niihin ajankohtaisiin asioihin, joiden selvittämistä on varsin suppean (esim. IAEA:aan verrattuna) jäsenmaaryhmän piirissä on pidetty tärkeänä. Näin on pysytty konkreettisissa todellisissa käytännön tehtävissä. Asioiden valmistelu työryhmissä tapahtuu useimmiten maailman johtavien asiantuntijoiden kesken. Niinpä työryhmiin osallisutuminen samoinkuin CSNI:n kansainvälisiin vertailuihin osallisutuminen edellyttää huippuasiantuntemusta alalla niinkuin VTT:n ja STL:n piirissä hyvin työhön osallistuneiden piirissä tiedetään.

Suomen osallistuminen NEA:n toimintaan on saattanut suomalais-ten viranomaisten, tutkijain ja voimayhtiöiden käyttöön lukuisan määrän alan erikoisraportteja, joiden sisältämää tietoa ja kokemusmäärää on vaikea rahassa arvioida. Samalla kyseinen työyhteisö muodostaa erittäin hyödyllisen säännöllisen yhteysforumin monelle suomalaiselle asiantuntijalle maailman johtavien asiantuntijoiden kanssa tapahtuvaa kommunikointia varten.

NEA:n julkaisut ovat Teknillisen korkeakoulun kirjastossa kaikkien halukkaiden ulottuvilla. Sen sijaan valmisteluvaiheessa oleva aineisto on vain komiteoiden jäsenten ja työhön osallistuvien ulottuvilla. Oheisessa liitteessä esimerkinluontoisena luettelo eräistä NEA-raporteista.

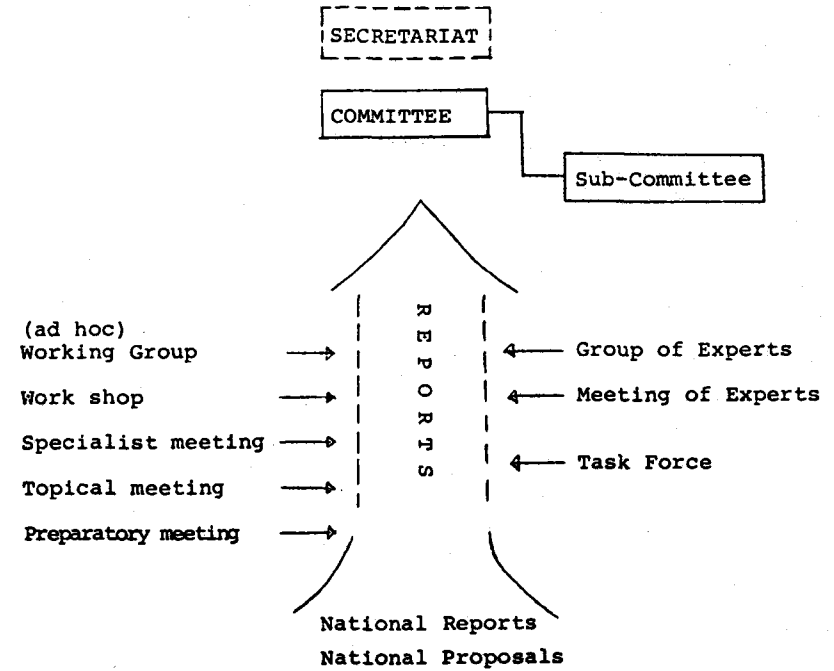


RPPH = Säteilyuojelu- ja kansanterveyskomitea
Aulis Isola, Anneli Salo

RWMC = Ydinjätehuoltokomitea
Seppo Väisänen

CSNI = Ydinlaitosten turvallisuuskomitea
Antti Vuorinen, Tapio Eurola

Komiteoiden työskentelymuodot ja tuotteet



TUOTTEET

- Commettee Reports
- Status Reports
- Newsletters
- Index'es
- Symposium

89

CSNI Reports - Rapports CSNI

- 69
- CSNI Report No. 1 : Proceedings of a CSNI Specialist Meeting on the Safety of Water Reactor Fuel Elements ; CEN Saclay, 22-24 October 1973.
- CSNI Report No. 2 : Proceedings of the Second Specialist Meeting on Sodium-Fuel Interaction; JRC Ispra, 20-22 November 1973.
- CSNI Report No. 3 : Proceedings of a CSNI Specialist Meeting on the Development and Application of Reliability Techniques to Nuclear Plants; Liverpool, 8-10 April 1974.
- CSNI Report No. 4 : Proceedings of a Seminar on Computer Programs for the Analysis of Certain Problems in Thermal Reactor Safety; CPL, 23-25 October 1974.
- CSNI Report No. 5 : Proceedings of a Joint NEACRP/CSNI Specialist Meeting on New Developments in three-Dimensional Neutron Kinetics and Review of Kinetics Benchmark Calculations; LRA Garching, 20-24 January 1975.
- CSNI Report No. 6 : Proceedings of a CSNI Specialist Meeting on High Temperature Gas-Cooled Reactor Safety; RCN Petten, 13-15 May 1975.
- CSNI Report No. 7 : Proceedings of a CSNI Specialist Meeting on Antiseismic Design of Nuclear Installations; OECD, 1-3 December 1975.
- CSNI Report No. 8 : Proceedings of the third Specialist Meeting on Sodium-Fuel Interaction; Tokyo, 22-26 March 1976.
- CSNI Report No. 9 : Physical and Toxic Properties of Hazardous Chemicals Regularly Stored and Transported in the Vicinity of Nuclear Installations; March 1976.
- CSNI Report No. 10 : Proceedings of the Meeting of a CSNI Task Force on Problems of Rare Events in the Reliability Analysis of Nuclear Power Plants; JRC Ispra, 8-10 June 1976.
- CSNI Report No. 11 : Proceedings of a CSNI Specialist Meeting on Transient Two-Phase Flow; Toronto, 3-4 August 1976.
- CSNI Report No. 12 : Scientific Secretary's Report on the Third Meeting of the CSNI ad hoc Working Group on Emergency Core Cooling ; Toronto, 5-6 August 1976.
- CSNI Report No. 13 : Proceedings of a CSNI Specialist Meeting on the Behaviour of Water Reactor Fuel Elements Under Accident Conditions; Spätind, 13-16 September 1976.
- CSNI Report No. 14 : Proceedings of a CSNI Specialist Meeting on Ultrasonic Inspection of Reactor Components; Risley, 27-29 September 1976.
- CSNI Report No. 15 : Results of CSNI LOCA Standard Problem No. 3 (provisional title).
- CSNI Report No. 16 : Results of CSNI LOCA Standard Problem No. 4 (provisional title).
- CSNI Report No. 17 : General document on CSNI LOCA Standard Problems (provisional title).

The OECD Nuclear Energy Agency (NEA) has issued jointly with the International Atomic Energy Agency (IAEA), a new international evaluation of world uranium potential[†].

As a contribution to a better assessment of supply questions and their influence on reactor and nuclear fuel cycle strategies, the NEA and the IAEA have a tradition of regularly publishing data on uranium resources, production and demand. This latest publication marks a new step toward this aim.

The report describes a unique and ambitious programme, carried out at international level, to assess the uranium potential in 185 countries. For each, the report examines the geology of potentially favourable uranium bearing areas, past exploration and production, present status of exploration and the potential for new discoveries. Furthermore, for those countries with good potential, the report identifies areas believed favourable for discovery of uranium resources beyond those already reported by the NEA and the IAEA in other publications*.

The report also lists uranium potential in a newly defined category of Speculative Resources, which goes beyond the usual estimates of uranium resources in other publications. Orders of magnitude are given for the world, according to continental divisions adopted for the report, bearing in mind that these estimates imply nothing about discoverability or availability.

Uranium resources are usually classified by NEA and IAEA into the following two categories:

- Reasonably Assured Resources refer to uranium that occurs in known mineral deposits of such size, grade and configuration that it could be recovered within the given production cost ranges, with currently proven mining and processing technology. Estimates of tonnage and grade are based on specific sample data and measurements of the deposits and on knowledge of deposit characteristics. Reasonably Assured Resources which have a high assurance of existence and in the cost category below \$ 80/kg U (\$ 30/lb U₃O₈) are considered as reserves.

Reasonably Assured Resources are shown in Table 1, which is taken from the NEA/IAEA Report "Uranium Resources, Production and Demand" of December 1977.

[†] "WORLD URANIUM POTENTIAL - An International Evaluation"

176 pages, OECD, December 1978

\$ 16.00 £ 7.80 F 64,00

ISBN 92-64-11883-7

Available from OECD Sales Agents.

* See "Uranium Resources, Production and Demand", OECD/NEA; IAEA, December 1977.

- Estimated Additional Resources refer to uranium in addition to Reasonably Assured Resources, that is expected to occur, mostly on the basis of direct geological evidence, in:

- . extensions of well-explored deposits,
- . little explored deposits, and
- . undiscovered deposits believed to exist along a well-defined geological trend with known deposits.

Such deposits can be identified, delineated and the uranium subsequently recovered, all within the given cost ranges. Estimates of tonnage and grade are based primarily on knowledge of the deposit characteristics as determined in its best-known parts or in similar deposits. Less reliance can be placed on the estimate in this category than for Reasonably Assured Resources.

Estimated Additional Resources are given in Table 2, also taken from the NEA/IAEA Report of December 1977.

The new report provides an insight into a further category, that of Speculative Resources, total quantities of which are illustrated in Table 3. Speculative Resources refer to uranium that is thought to exist in addition to Estimated Additional Resources, mostly on the basis of indirect indications and geological extrapolations in deposits discoverable with existing exploration techniques. The location of deposits envisaged in this category could generally be specified only as being somewhere within a given region or geological trend.

As the term implies, the existence and size of such resources are highly speculative. As an example, serious constraints may arise, such as the restriction of access to the favourable areas for the purpose of exploration, inadequacies in uranium exploration techniques, the rate of discovery once exploration has commenced, conflicts in land use where discoveries are made, difficulties of capital formation and allocation, and the availability of trained manpower.

It should also be remembered that the rate of discovery will be controlled primarily by the incentive to explore. This incentive to explore will in turn be strongly influenced by the forecasts of market prices for uranium and will also be affected by the efforts of some countries to establish uranium reserves within their own borders.

Because of these constraints, and in view of the long lead times for exploration, mine development and production, it is likely that a major part of these Speculative Resources will either be discovered, or, if discovered, will not be brought into production during the first quarter of the 21st century. Thus, the tonnages of Speculative Resources presented in Table 3 should not be regarded as relevant to current planning of nuclear power programmes. Rather, they should be viewed as a qualitative measure of the present state of geological knowledge, with all the inherent uncertainties, and looked upon as a guide for establishing priorities for future evaluation efforts.

Table 1. REASONABLY ASSURED RESOURCES

(1,000 tonnes U)

Data available 1st January, 1977

COST RANGE	< \$ 80/kg U (< \$ 30/lb U ₃ O ₈) RESERVES	\$ 80-130/kg U (\$ 30-50/lb U ₃ O ₈)
Algeria	28	0
Argentina	17.8	24
Australia	289	7
Austria ¹	1.8	0
Bolivia	0	0
Brazil	18.2	0
Canada ¹	167	15
Central African Empire ²	8	0
Chile	0	0
Denmark (Greenland)	0	5.8
Finland	1.3	1.9
France	37	14.8
Gabon ²	20	0
Germany, F.R.	1.5	0.5
India	29.8	0
Italy	1.2	0
Japan	7.7	0
Korea	0	3
Madagascar	0	0
Mexico ³	4.7	0
Niger	160	0
Philippines	0.3	0
Portugal	6.8	1.5
Somalia ⁴	0	6.2
South Africa	306	42
Spain	6.8	0
Sweden	1	300
Turkey	4.1	0
United Kingdom	0	0
United States	523	120
Yugoslavia	4.5	2.0
Zaire	1.8	0
Total (rounded)	1,650	540

1. The material reported as Reserves is minable at prices up to \$ 104/kg U and the other Reasonably Assured Resources are minable at prices between \$ 104 and \$ 156/kg U.

2. Source of data: Uranium Resources, Production and Demand, Paris 1975.

3. Data refer to resources "in-situ", rather than recoverable.

4. Costs of recovery are not known so the resources are arbitrarily assigned to the higher cost category.

(After "Uranium Resources, Production and Demand", December, 1977, NEA(OECD)/IAEA).

Table 2. ESTIMATED ADDITIONAL RESOURCES

(1,000 tonnes U)

Data available 1st January, 1977

COST RANGE	< 80 \$/kg U (< 30 \$/lb U ₃ O ₈)	80-130 \$/kg U (30-50 \$/lb U ₃ O ₈)
Algeria	50	0
Argentina	0	0
Australia	44	5
Austria	0	0
Bolivia	0	0.5
Brazil	3.2	0
Canada ¹	392	264
Central African Empire ²	8	0
Chile	5.1	0
Denmark	0	8.7
Finland	0	0
France	24.1	20.0
Gabon ²	5	5
Germany, F.R.	3	0.5
India	23.7	0
Italy	1	0
Japan	0	0
Korea	0	0
Madagascar	0	2.0
Mexico ³	2.4	0
Niger	53	0
Philippines	0	0
Portugal	0.9	0
Somalia ⁴	0	3.4
South Africa	34	38
Spain	8.5	0
Sweden	3	0
Turkey	0	0
United Kingdom	0	7.4
United States	838	215
Yugoslavia	5.0	15.5
Zaire	1.7	0
Total (rounded)	1,510	590

1. The material reported as Reserves is minable at prices up to \$ 104/kg U and the other Reasonably Assured Resources are minable at prices between \$ 104 and \$ 156/kg U.

2. Source of data: Uranium Resources, Production and Demand, Paris 1975.

3. Data refer to resources "in-situ", rather than recoverable.

4. Costs of recovery are not known so the resources are arbitrarily assigned to the higher cost category.

(After "Uranium Resources, Production and Demand", December 1977, NEA(OECD)/IAEA).

Table 3. SPECULATIVE RESOURCES LISTED BY CONTINENT

CONTINENT	NUMBER OF COUNTRIES	SPECULATIVE RESOURCES (MILLION TONNES U)
Africa	51	1.3 - 4.0
America, North	3	2.1 - 3.6
America, South and Central	41	0.7 - 1.9
Asia and Far East*	41	0.2 - 1.0
Australia and Oceania	18	2.0 - 3.0
Western Europe	22	0.3 - 1.3
TOTAL	176	6.6 - 14.8
Eastern Europe, USSR, Peoples Republic of China	9	3.3 - 7.3**

* Excluding Peoples Republic of China and the eastern part of USSR.

** The potential shown here, is "Estimated Total Potential" and includes an element for "Reasonably Assured Resources" and "Estimated Additional Resources" although those data were not available to the group of experts which has prepared the report.

YDINTEKNIIKAN TUTKIMUS VALTION TEKNILLISESSÄ TUTKIMUSKESKUKSESSA V. 1978

Seuraavassa esitetään lyhyt katsaus etupäässä Kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittamaan ydintekniikan tutkimukseen Valtion teknillisessä tutkimuskeskuk- sessa vuonna 1978.

Ydintekniikan tutkimus- ja kehityspalvelujen jakautuminen VTT:ssa

Ydintekniikkaan liittyvä toiminta on keskittynyt lähinnä seuraaviin VTT:n toimin- tayksikköihin:

Metallilaboratorio (Materiaali- ja prosessitekniikan tutkimusosasto)

- Aineenkoetus
- Materiaalitekniikka (teräkset, UO_2 , Zr-lejeeringit)
- Valmistustekniikka
- Korroosio
- Materiaalien käyttäytyminen jännityksen alaisena
- Laadunvarmistus
- Ainetta rikkomaton tarkastus
- Vaurioselvitykset

Sähkötekniikan laboratorio (Sähkö- ja atomitekniikan tutkimusosasto)

- Säättötekniikka
- Koulutussimulaattorit
- Luotettavuustekniikka
- Ydinkaukolämpöjärjestelmät
- Energiajärjestelmät

Ydinvoimatekniikan laboratorio (Sähkö- ja atomitekniikan tutkimusosasto)

- Reaktorifysiikka
- Polttoaineen käytön suunnittelu
- Polttoainekiertojen analyysi
- Polttoaineen käyttäytyminen ja kestävyys
- Reaktoritransienttien ja -onnettomuuksien analyysi
- Riskianalyysi
- Rakenneanalyysi
- Lämmitysreaktorijärjestelmät
- Fuusioteknologia

Reaktorilaboratorio (Sähkö- ja atomitekniikan tutkimusosasto)

- Säteilypalvelut
- Aktiivisten materiaalien testaus
- Reaktorimittaukset
- Ydinjätetutkimus
- Uraanianalyysit
- Neutroniläpivalaisu
- Neutronifysiikka
- Monialkuaine-analyysit
- Sovellettu säteilymittaustekniikka
- Isotooppien tuotanto

Betonitekniikan laboratorio (Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkimusosasto)

- Testaus ja laadunvalvonta
- Mitoitusmenetelmien ja mitoitusperusteiden kehittäminen
- Betonirakenteiden staattiset ja dynaamiset analyysit

LVI-tekniikan laboratorio (Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkimusosasto)

- Ilmansuodattimien testaus ja kehitys
- Tiiviyskoeket

TAULUKKO: Yhteenvedo KTM:n ydintekniikan tutkimusprojekteista
VTT:ssa v. 1978.

Tutkimus	Työpanos (htv)
<u>Perustutkimus ja erityisselvitykset</u>	
- Säteilyorientoituneet materiaalitutkimukset	10
- Analytiikka	7,2
- Merkkiainetutkimus	7,5
- Reaktorimittaustekniikka	3,1
- Fuusiotutkimus	1,6
	<u>29,4</u>
<u>Turvallisuus- ja ympäristövaikutustutkimukset</u>	
- Onnettomuusanalyysi	14,1
- Rakenneanalyysi	4,5
- Ilmansuodatuslaitteiden testaus	2,9
	<u>21,5</u>
<u>Reaktoriteknologia ja järjestelmätutkimukset</u>	
- Reaktorimateriaalit	10,8
- Pyörrevirtatarkastus	1,1
- SECURE-ydinlämpölaite	1,1
	<u>13,0</u>
<u>Ydinvoimalaitosten käyttö</u>	
- Dynamiikka	12,9
- Luotettavuus	5,9
	<u>18,8</u>
<u>Polttoaineteknologia</u>	
- Polttoainemallit	3,7
- Reaktorianalyysi	8,4
- Ydinpolttoainemateriaalit	2,6
	<u>14,7</u>
<u>Polttoainekierron varmistaminen ja jätehuolto</u>	
- Ydinpolttoainekiertoön liittyvät selvitykset ja INFCE-projekti	4,8
- Ydinjäteprojekti	10,5
- Käytetyn polttoaineen pitkäaikaisvarastointi	0,9
- Aktiivisten jätteiden säilytys- ja käsittelylaitteiden korroosiotutkimus	0,9
	<u>17,1</u>
<u>Muut</u>	-
<u>VTT yhteensä</u>	114,5

KTM:n energiaosaston ja VTT:n oma rahoitus tässä selostettavaan tutkimustoimintaan oli v. 1978 yhteensä n. 15 Mmk. Tämän lisäksi VTT:ssa suoritettiin vuoden aikana muita ydintekniikan tutkimus-, kehitys-, yhteistyö- ja palvelutehtäviä n. 5 Mmk rahoituksella.

TUTKIMUKSEN TULOKSET JA NYKYTILANNE

Ydintekniikan perustutkimus ja erityissovellutukset

Analytiikan projekti: Uraanianalyysit olivat edelleen laajin työkohte. Ulkomaiselle tilaajalle rakennettu automaattinen uraanianalyysaattori valmistui testausvaiheeseen. Isotooppisuhdemäärityksiin hankittiin massaspektrometri. Tuotevalikoimaa laajennettiin ennenkaikkea teknetiumilla.

Merkkiainetutkimusprojekti: Rakennettiin kaksi uutta pohjavesimittauslaitetta, toinen omaan käyttöön ja toinen ulkopuoliselle tilaajalle. Toimeksiantoina määritettiin viipymäaikajakautumia ja tutkittiin putkistovuotoja teollisuudessa.

Reaktorimittaustekniikan projekti: Perusteellinen selvitys FiR 1-reaktorin instrumentoinnin uudistamisesta valmistui. Kynnysdetektorilla tapahtuvaa neutronivuomääritysmenetelmää kehitettiin.

Säteilyorientoituneet materiaalitutkimukset: Uusi lentoaikadiffraktometri saatiin rutiinikäyttöön ja ryhdyttiin tutkimaan asetonitriilin kiderakennetta. Metallien säteilyvauriomekanismeja tutkittiin positroniannihilaatiomenetelmällä. Reaktoripaineastiateräsnäytteiden testaamiseksi rakennettu kuumakammioinstallatio valmistui kylmäharjoittelukuntoon.

Fuusiotutkimus: Kansainvälisen kehityksen seuraamisen ohella suoritettiin omaa teoreettista tutkimusta fuusioreaktorin laserkuumennusmenetelmistä.

Turvallisuus- ja ympäristövaikutustutkimukset

Turvallisuusviranomaisten ja voimayhtiöiden tilaamiin lupakäsittelyselvityksiin liittyen tehtiin laajoja ydinvoimalaitosten häiriö- ja onnettomuustilanteiden syitä ja seurauksia sekä rakenteiden ja järjestelmien kestävyyttä ja luotettavuutta koskevia analyyskejä.

Onnettomuusanalyysiprojekti: Turvallisuusanalyyseissä tarvittavaa perustietämystä kartutettiin monipuolisen kansainvälisen yhteistyön avulla. Kuluneen vuoden aikana olivat käynnissä mm. jäädytteenmenetysonnettomuutta tutkiva Pohjoismaiden ja USA:n välinen NORHAV/LOFT-projekti sekä transientttilojen lämmönsiirtoa VVER-440-tyyppisessä sauvanipussa selvittelevä tutkimusprojekti moskovalaisen VTI:n kanssa. Suuren mittakaavan kriittisen virtauksen kokeet Marvikenissa Ruotsissa etenivät kokeelliseen vaiheeseen. Yhdessä Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun kanssa saatettiin loppuun yhden polttoainesauvan uudelleenkastumiskokeet REWET-I-laitteistolla ja aloitettiin REWET-II-laitteiston suunnittelu hätäjäädytyskokeiden tekemiseksi VVER-440-tyyppisellä pienellä sauvanipulla.

Reaktorianalyysiprojekti: Kiehumusreaktorin dynamiikkamalli saatiin testilaskuvaiheeseen ja PWR-sydämen kolmidimensioisen dynamiikkamallin kehittelyä jatkettiin. Häiriötilanteiden analyyskejä suoritettiin sekä Loviisan että Olkiluodon laitoksille.

Rakenneanalyysiprojekti: Lujuuslaskelmia suoritettiin Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten turvallisuustarkasteluissa sekä myös käytössä oleville voimalaitoskomponenteille. Uusina kehityskohteina olivat epälineaariset analyysit, murtumismekaniikka ja nesteen ja rakenteiden väliset vuorovaikutusilmiöt.

Ympäristövaikutusten arviointiprojekti: Ydinvoimalaitosten ympäristövaikutusten arvioimiseksi tehtiin työtä erilaisten ympäristöriskien yhdistämisen ja painotusmenetelmien kehittämiseksi. Radioaktiivisten päästöjen pystysuuntaista jakautumista ilmakehässä selvitettiin diffuusioteoriaa hyväksikäyttäen.

Luotettavuusprojekti: Ydinvoimalaitosten osajärjestelmien luotettavuusanalyysiä jatkettiin mm. yhteisvikojen ja ihmisen tekemien virheiden huomioonottamisen osalta.

Ilmansuodatuslaitteiden testausprojekti: Jodisuodattimien kenttätestauksissa tarvittavan radioaktiivisen metyylijodidin valmistuslaitteisto rakennettiin. Kokeellisesti selvitettiin jodisuodattimien testisuodattimien virtausolosuhteita.

Reaktoriteknologia ja järjestelmätutkimukset

Dynamiikka- ja luotettavuusprojektit: Yhteispohjoismaisten tutkimusten kohteina olivat ydinvoimalaitosten suojajärjestelmien tietokoneohjelmistojen luotettavuus ja valvomoiden ergonomia. Ydinvoimalaitosten ohjaus- ja säätötoimintoihin sekä simulointimalleihin ja -järjestelmiin kohdistuvaa tutkimus- ja kehitystyötä jatkettiin.

Reaktorimateriaaliprojekti: Reaktoripaineastiaterästen ja näiden hitsausliitosten tutkimukset ovat keskittyneet väsymis-, haurasmurtumis-, myötövanhenemis- ja säteilykestävyyssominaisuuksiin. Lisäksi on osallistuttu kansainväliseen särönpysähtymistä selvittävään vertailututkimukseen.

Ruostumattomien terästen ja nikkeli-valtaisten seosten keskeisimpiä korroosio-ilmioita on tutkittu reaktoriolosuhteita simuloivassa ympäristössä. Herkistymisastetta mittaavia koemenetelmiä on vertailtu ja kehitetty.

VVER-1000-reaktorin olennaisimpien komponenttien materiaali- ja valmistusteknillisiä kysymyksiä on selvitetty.

Laadunvarmistussektorilla on osallistuttu yhteispohjoismaisiin projekteihin. Austeniittisten ruostumattomien terästen ultraäänitarkastusten perusteita ja optimiparametreja on tutkittu.

Pyörrevirtatarkastus: Lauhdutinputkien sisäpuolisten pyörrevirtatarkastusten peruslaitteisto on hankittu ja menetelmän sisäänajo suoritettu.

SECURE ydinlämpöprojekti: Suomalais-ruotsalaisena yhteistyönä kehitetyn SECURE-ydinlämpölaitoksen soveltuvuutta tutkittiin Suomen energianhuoltojärjestelmien ja lähisijoituksen kannalta.

Ydinvoimalaitosten käyttö

Ydinvoimalaitosten käyttövaiheeseen siirryttäessä tutkimus- ja kehitystyö suuntautui entistä enemmän laitosten käytettävyyden ja säädettävyyden parantamiseen sekä käytön aikaiseen turvallisuuteen.

Dynamiikkaprojekti: Loviisan ydinvoimalaitoksen koulutussimulaattorin rakentamiseen osallistuttiin yhteistyössä sekä valmistajan että tilaajan kanssa.

Luotettavuusprojekti: Osatutkimuksista mainittakoon turbogeneraattorien ja dieselgeneraattorien käyttövarmuus- ja generaattorieristeiden elinikää koskevat selvitykset.

Polttoaineteknologia

Reaktorianalyysiprojekti: Polttoaineen käytön suunnittelumenetelmissä ollaan pääsemässä kiehutusvesireaktoreilla samaan rutiinisovellutukset mahdollistavaan valmiuteen kuin aikaisemmin on jo saavutettu painevesireaktoreilla. FLARE-ohjelman pohjalta laadittu kolmidimensioinen BWR-simulaattori BOREAS saatiin viimeis-

telyvaiheeseen ja koodia sovellettiin TVO I ja TVO II -laitoksien tehonjakauma- ja palamalaskuihin.

Polttoainemalliprojekti ja ydinpolttoainemateriaalit -projekti: Polttoaineen turvallisten käyttöolosuhteiden määrittämiseksi kehitettiin polttoainesauvan lämpömekaanisia käyttäytymismalleja. Käyttökokemustietojen ja kokeellista mittaustietoa sekä mallityöskentelyn että materiaaliominaisuuksien osalta hankittiin osallistumalla kansainvälisiin yhteistutkimuksiin. Materiaalitietoja on määritetty sekä säteilyttämättömälle suojakuorelle että uraanidioksidille. Polttoaineen valmistuksen laadunvalvontaan liittyviä, VTT:llä suoritettavia, rinnakkaisia koemenetelmiä on kehitetty. Suojakuorimateriaalien testaamiseen tarkoitettu koeponnistuslaitteisto on saatu käyttöönottovalheeseen. Yhdessä säteilyturvallisuuslaitoksen ja voimayhtiöiden kanssa suunniteltiin polttoaineen käytönaikaista seurantaa ja käytetyn polttoaineen tarkastus- ja tutkimustoimintaa.

Polttoainekierron varmistaminen ja ydinjätehuolto

Ydinpolttoainekiertoön liittyvät selvitykset ja INFCE-projekti: Kevytvesireaktoreiden polttoainekiertomallia kehitettiin siten, että normaalin kustannusoptiimoinnin lisäksi kyetään nyt useiden optimointitavoitteiden samanaikaiseen käsittelyyn. Polttoainekierron jälkivaiheen vaihtoehtoja koskevassa tutkimuksessa on osallistuttu maailmanlaajuiseen INFCE-työhön, jossa Suomella on yhteispuheenjohtajuus ydinjätehuoltoa käsittelevässä työryhmässä.

Ydinjäteprojekti: Koehaihdutintutkimus käynnistettiin Loviisassa yhteistyössä voimayhtiöiden ja teollisuuden kanssa. Ioninvaihtohartsin polttokokeet leijukerrosuunilla aloitettiin. Selvitys voimalaitosjätteen kuljetus- ja varastointipakkauksista sekä riskiarvio voimalaitosjätteen kuljetuksesta valmistuivat. Riskianalyysjä varten suoritettiin pakkausten pudotuskokeita. Betonoinnin ja bitumoinnin tutkimista kiinteitysten menetelminä jatkettiin.

Aktiivisten jätteiden säilytys- ja käsittelylaitteiden korroosio: Erilaisten dekontaminointimenetelmien tehokkuutta ja korroosiovaikutuksia vertailtiin. Tutkimuksen kirjallisuusselvitysosa valmistui. Loviisan ja Olkiluodon laitoksilla kysymykseen tulevia dekontaminointimenetelmiä on selvitetty kokeellisia tutkimuksia varten.

Lähde: Kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittama ydintekniikan tutkimus Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa v. 1978, VTT, maaliskuu 1979

SNTL:n energiatalouden tämänhetkinen tila ja kehitysnäkymät

1. Yhteenveto

Tähän katsaukseen on koottu tietoja SNTL:n energiavaroista ja niiden hyödyntämisen kehitystrendeistä lähitulevaisuudessa. Katsauksessa tehdään myös selkoa SNTL:n energetiikassa keskeistä osaa näyttelevästä SNTL:n valtakunnallisesta sähköenergiajärjestelmästä ja sen nähtävissä olevasta kehityksestä. Katsauksen tiedot ovat pääosiltaan peräisin kirjaallisuusluettelon sisälmistä Neuvostoliitossa julkaistuista lähteistä. Niitä on täydennetty käymällä keskusteluja SNTL:n energetiikka-alan asiantuntijoiden kanssa.

SNTL:n energiataloutta kehitettäessä käytetään kokonaisvaltaista lähestymistapaa, jossa kaikkien energian tuottamiseen ja kuluttamiseen liittyvien tekijöiden keskinäiset vuorovaikutukset pyritään huomioimaan. Tavoitteena on eri puolilla valtakuntaa sijaitsevien erilaisten energiaressurssien käytön optimointi siten, että energian tuottamiskustannukset ja energian käyttö SNTL:n kansantalouden tasolla minimoituvat.

SNTL on energiaraaka-aineiden suhteen omavarainen. SNTL:n energiapolitiikan tavoitteena on tämän tilanteen säilyttäminen myös tulevaisuudessa. Tavoitteeseen pyritään ennakoimalla eri energiaraaka-aineiden (hiili, öljy, vesivoima, uraani jne) saatavuutta ja siirtämällä energian tuotantokapasiteettia aina taloudellisimmin käytettävissä olevien raaka-aineiden suuntaan.

Viimeksikuluneina vuosikymmeninä helpoimmir ja taloudellisimmin käyttöön otettavia energiaraaka-aineita ovat SNTL:ssa olleet öljy ja kaasu. Niiden suhteelliset osuudet SNTL:n energiataseessa ovatkin voimakkaasti kasvaneet. Tilanne on kuitenkin parhaillaan muuttumassa. Vanhat öljy- ja kaasualueet ovat joko ehtymässä tai niiden tuotantoa ei pystytä kasvattamaan vauhdilla, jollaista kansantalouden energiantarpeen kasvu edellyttäisi. Uudet öljy- ja kaasualueet sijaitsevat kaukana kulutuskeskuksista, ilmastollisesti tai muuten epäsuotuisissa oloissa, joissa niiden hyödyntäminen käy vuosi vuodelta kalliimmaksi. Tällöin käy ajankohtaiseksi korvata nämä energiaraaka-aineet taloudellisemmilla ja helppopääsyisemmillä. Korvaavina energianlähteinä nousee esille alussa voimakkainmin hiili, jatkossa myös vesi ja atomivoima. Kokonaan uusilla periaatteilla toimivalla energiantuotannolla (MHD-generaattori, hyötöreaktori, fuusiovoimalat) ei tule olemaan sanottavaa vaikutusta SNTL:n energiantuotantoon vielä 1980-luvulla.

Keskeisen ongelman SNTL:n energiahuollossa nyt ja tulevaisuudessa muodostaa energiaa tuottavien ja energiaa kuluttavien alueiden sijoittuminen kauaksi toisistaan. SNTL:n väestö ja energiaa kuluttava teollisuus ovat n. 80 %:sti sijoittuneet valtakunnan euroopanpuoleisiin osiin ja Uralille. Toisaalta lähes sama 80 % maan energiavaroista sijoittuu Siperian ja Keski-Aasian harvaanasutuille alueille. Ongelmaa on pyritty ratkaisemaan siirtämällä energiaa ja energiaraaka-aineita suurimittaisin putki-, rautatie- ja siirtolinjakuljetuksin tuotantoalueilta kulutusalueille. Kehitystyö näiden siirtojärjestelmien tehostamiseksi jatkuu. Toisaalta mittasuhteiltaan ongelmallisiksi muodostumassa olevien siirtojärjestelmien kasvua pyritään hillitsemään erilaisilla toimenpiteillä. Tällaisia ovat mm. SNTL:n euroopanpuoleisten alueiden energiantarpeen kasvun tyydyttäminen rakentamalla näille alueille lähes yksinomaan atomivoimaloita, uuden energiantensiivisen teollisuuden (metallurginen, petrokemian ja kemian teollisuus, sellu- ja paperiteollisuus jne) sijoittaminen ensisijaisesti lähelle energialähteitä, euroopanpuoleisten alueiden teollisuuden kehittäminen vähemmän energiaa kuluttavaksi ja yleinen pyrkimys energian säästöihin.

SNTL:n valtakunnallisen sähköenergiajärjestelmän kehittämiseksi tehtävää intensiivistä työtä voitaneen pitää merkinä siitä, että energiamuodoista nimenomaan sähköenergialla arvioidaan tulevaisuudessa olevan kasvava rooli. Näyttää siltä, että SNTL pyrkii tulevaisuudessa hoitamaan kasvavan osuuden myös energiaviennistään sähköenergian muodossa.

2. SNTL:n energiavarat

SNTL:n varapääministeri, akateemikko V.A.Kirillin esitti v. 1975 arvion, jonka mukaan maapallon hyödynnettävissä olevien uusiutumattomien fossiilisten energia- raaka-aineiden kokonaismäärä vastaa n. $3,8 \cdot 10^{12}$ tn normaalipolttoainetta (polttoarvo 29.3 GJ/tn). Tästä kivihiilen osuus olisi n. $2,9 \cdot 10^{12}$ tn, öljyn $0,37 \cdot 10^{12}$ tn ja kaasun $0,50 \cdot 10^{12}$ tn. Maailman "normaalipolttoainetta" kulutus oli v. 1975 $8,28 \cdot 10^9$ tn, ja näin ollen SNTL:ssa vallitsevien käsitysten mukaan kivihiiltä riittää ainakin v:een 2500, öljyä v:een 2100 ja maakaasua v:een 2015. Lisäksi SNTL:n energia-asiantuntijat toteavat, että mikäli maailman tällä hetkellä tunnetut uraanivarat käytetään "breeder"-tyyppisissä atomi- reaktoreissa, ne ovat 200-kertaiset verrattuna tunnettuihin fossiilisiin energialähteisiin (2).

Neuvostoliittolaisten käsitysten (1) mukaan länsimaissa puhjennut "energiakriisi" ei olekaan seurausta energiaresurssien objektiivisesta niukkuudesta. Kriisin aiheuttajaksi arvioidaan helposti käsiteltävän ja halvan öljyn aiheuttama energiaraaka-aineiden tuotannon vääristymä, joka on johtanut länsimaiden teollisuuden yksipuoliseen riippuvuuteen öljystä muiden energialähteiden, ensi sijassa kivihiilen, jäädessä samanaikaisesti riittävää huomiota vaille.

V. 1977 ilmestyneessä kirjassaan "Maailman energiavarat" (2) neuvostoliittolai- nen professori S.M.Lisitskin esittää arvion, jonka mukaan SNTL:lla on tällä hetkellä hallussaan 57 % maapallon hiilivaroista, 34 % maakaasusta, yli 60 % turvevaroista ja yli 50 % öljyliuskevarannoista. SNTL:n kokonaisöljy- ja -uraanivaroista ei neuvostoliittolaisissa lähteissä esitetä tietoja.

2.1. Kiinteät polttoaineet

Yli 90 % SNTL:n tunnetuista fossiilisista polttoainevaroista on hiiltä (8). SNTL:n todennetut hiilivarat olivat v:n 1976 alussa (2) 273 miljardia tn. Tästä määrästä kivihiilen osuus oli n. 60 %, ruskohiilen osuus 33 % ja antrasiitin osuus n. 7 %. SNTL:n tärkeimmät kivihiiliesiintymät ja niiden tuotanto v. 1975 on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. SNTL:n tärkeimmät kivihiiliesiintymät ja niiden tuotanto v. 1975.

Esiintymä	Tunnetut kivihiilivarat		Tuotanto v. 1975 ($\times 10^6$ tn)
	($\times 10^6$ tn)	Osuus kokon. varoista %	
1. Euroopan ja Uralin alueet:		24.0 %	
Donetskin laakio	54945		223.0
Petšoran alue	8567		24.2
Moskovan alue	4394		34.1
Uralin alue	2234		45.2
2. Siperian, Kazahstanin, Keski-Aasian ja Kaukoidän alueet, joista tärkeimmät:	201627	76.0 %	344.8
Kuznetskin alue (Novosibirskin lähellä)	66451		137.6
Karagandan alue	7534		46.3
Kansko-Atšinskin alue (Krasnojarskin ympäristö)	74335		27.9

Tärkein korkealaatuisia hiiliä SNTL:ssa tuottava alue on Kuznetskin alue Novosibirskin lähellä, jossa hiili on myös verraten helposti louhittavissa. Muita hyvänlaatuisia hiiliä tuottavia alueita ovat mm. Donetskin ja Petšoran laakiot, mutta louhinta niillä tapahtuu oleellisesti vaikeammassa olosuhteissa. Kansko-Atšinskin hiilet, joita voidaan louhia avolouhoksista, ovat ensisijassa ruskohiiltä. Niiden tuhkapitoisuus on keskimäärin ruskohiille verraten alhainen 12-15 %, paikoin vain 4-6 %, mutta hiilten laatu kärsii suuresta kosteudesta (8).

NKP:n XXV puoluekokouksen päätösten mukaisesti hiilen louhinta SNTL:ssä nousee $800 \cdot 10^6$ tonniin v. 1980.

SNTL:n hiiliteollisuuden kehityksen kahta pääsuuntaa esitelty taulukossa 2. Hiilen louhinnassa valtakunnan itäisillä ja pohjoisilla alueilla sijaitsevien esiintymien merkitys kasvaa jatkuvasti. Nykyään jo noin puolet SNTL:n hiilestä louhitaan Uralin itäpuolisilta alueilta. Tuotannon nopean kasvattamisen näillä alueilla on tehnyt mahdolliseksi ensisijassa avolouhintaan siirtyminen, joka samalla on alentanut merkittävästi tuotantokustannuksia louhittua hiilitonnia kohti.

Taulukko 2. SNTL:n hiiliteollisuuden alueellinen kehitys. Avolouhinnan osuuden kehitys.

Alue	% kokonaislouhinnasta			
	1960	1965	1970	1975
Euroopanpuoleiset alueet ja Uralin alue	64.7	61.3	57.4	51.0
Uralin itäpuoleiset alueet	35.3	38.7	42.6	49.0
Avolouhinnan osuus	20.0	24.3	26.7	36.5

Eräiden arvioiden mukaan hiilen tuotantokustannukset Uralin itäpuoleisilla alueilla ovat avolouhinnassa luokkaa 3-5 ruplaa/tonni, kun ne traditionaalisilla euroopanpuoleisilla hiilialueilla saattavat roustaa jo 15-18 ruplaan ja ylikin. Korkeat kuljetuskustannukset ja itäisten esiintymien osittain heikko laatu ovat kuitenkin johtamassa siihen, että näiden esiintymien hiili pyritään mahdollisimman suuressa määrin käyttämään paikanpäällä. Esimerkiksi Ekibastusin hiilen on arvioitu maksavan SNTL:n euroopanpuoleiseen keskustaan kuljetettuna 14-16.5 ruplaa/tn normaalipolttoainetta. Ekibastusissa sähköenergiaksi muutettuna ja korkeajännitelinjaa myöten Eurooppaan siirretynä normaalipolttoainetonnin hinnaksi saadaan 11-12 ruplaa (2).

Toisena vaihtoehtona hiilen korkeiden kuljetuskustannusten välttämiseksi ollaan kehittämässä menetelmiä hiilen jalostamiseksi paikanpäällä nestemäisiksi ja kaasumaisiksi polttoaineiksi ja muiksi kemian teollisuuden raaka-aineiksi. Nesteet ja kaasut siirretään edelleen kulutuskeskuksiin putkilinjoja myöten.

Öljyliuske

Öljyliuskeen kokonaismääräksi SNTL:ssa arvioidaan (2) n. 156 mrd. tn, josta tähän mennessä on todennettu 16.2 mrd. tn. Liuskeen kokonaistuotanto oli v. 1975 32.0 milj. tn (11.7 milj. tn normaalipolttoainetta) ja nousee v:een 1980 mennessä 59 milj. tonniin. Toistaiseksi on avattu 3 esiintymää. Ne sijaitsevat Eestissä (75 % kokonaistuotannosta), Leningradin alueella ja Kašpiirskojoessa.

Turve

SNTL:n turvevarat ovat suuret, mutta eräiden arvioiden (1) mukaan ne on valtakunnan euroopanpuoleisissa keskiosissa huomattavilta osin jo käytetty loppuun. Polttoturvetta nostettiin SNTL:ssa v. 1975 58.1 milj. tn (40 % kosteus) (2).

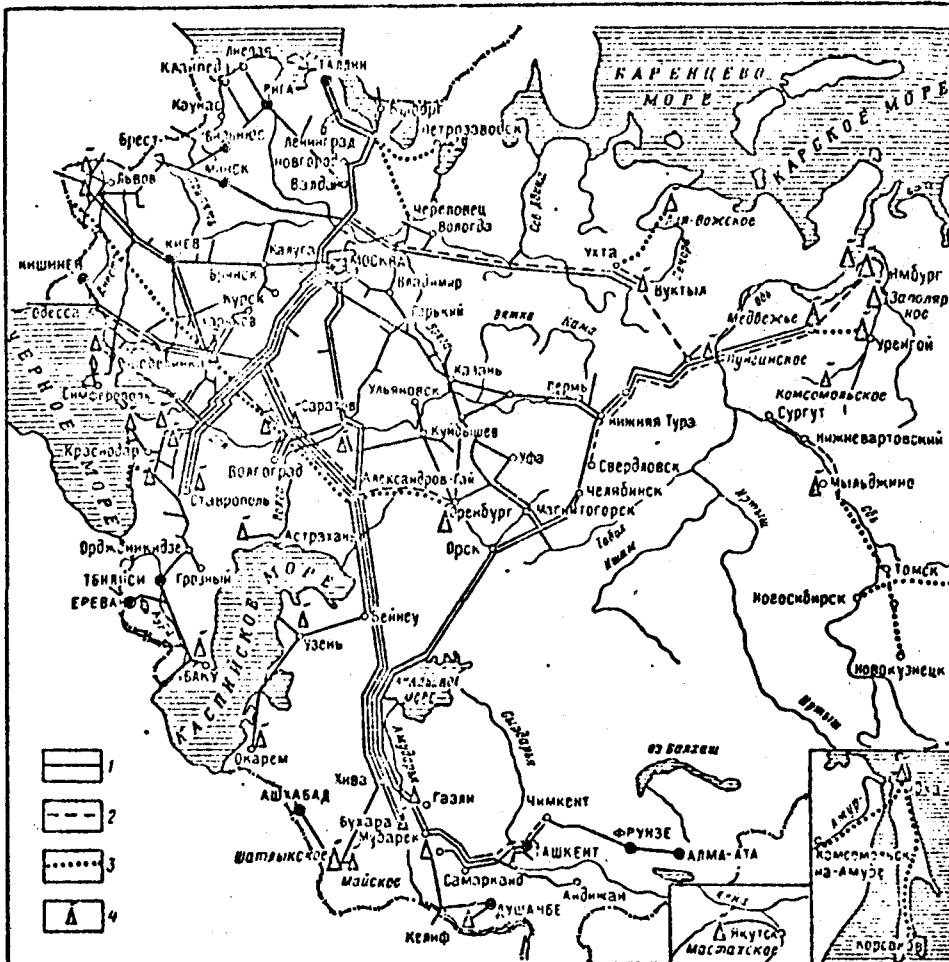
Puu

Puun käyttö polttoaineena on SNTL:ssa laskussa, mutta vielä v. 1975 poltettiin halkoja 59.3 milj. m³. Normaalipolttoaineena tämä määrä ylittää hieman turpeen suhteellisen osuuden nousten 23.8 milj. tonniin.

2.2. Maakaasu

V:n 1975 alussa SNTL:n varmennetut maakaasuvarat olivat $23.742 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ (2). SNTL:n tärkeimmäksi kaasuntuotantoalueeksi on lyhyessä ajassa noussut Länsi-Siperia (mm. Urengoin, Zapolarjen, Gubkinskojen, Medvežjen, Komsomolskojen ja Jamburgskin kentät). Länsi-Siperian kaasukentät sijaitsevat 500-1000 km pohjoisempana kuin alueen tunnetuimmat öljykentät, ja niiden painopiste siirtyy edelleen pohjoiseen, kun Jamalin niemimaan jo tunnettuja kaasuveroja aletaan hyödyntää. SNTL:n muita tärkeitä kaasuntuotantoalueita ovat Volga-Uralin alue (mm. Orenburgin kaasukenttä), Dnepr-Donetskin alue (Šabelninkin ja Jefremovskin kentät), Timano-Petsoran alue (Vuktylin kenttä), Karakumin alue Keski-Aasiassa (mm. Gazlin, Atsakin, Šatlykin, Saman-Tehsen kentät). Rikkaita kaasuesiintymiä on tavattu myös Itä-Siperiassa ja Kaukoidässä, joskin niiden hyödyntäminen on vasta alullaan. Mm. Lenajoen sivujoen Viljuin laaksossa on avattu 8 kaasuesiintymää, joiden varat arvioidaan $200 \cdot 10^9 \text{ m}^3$:ksi. Uutta kaasua on onnistuttu löytämään myös vanhoilta esiintymäalueilta poraamalla syvemmälle. Kuluvana vuonna avattiin mm. Krasnodarin jo lähes 100 v käytössä olleelta öljy- ja kaasualueelta alueen tähän asti suurin kaasulähde 4500 m:n syvyydeltä.

Kaasun kuljetus esiintymältä käyttökohteeseen tapahtuu SNTL:ssa lähes yksinomaan putkijohtoja myöten. SNTL:n kaasuputkiverkoston (kuva 1) yhteispituus on tällä hetkellä n. 100 000 km. V. 1975 kaasu kulki putkessa ennen käyttäjille saapumistaan keskim. 1294 km. Suurimmat putket ovat halkaisijaltaan 1420 mm ja kaasu kulkee niissä 75 atm (max) paineella n. 30 km/t. Eräiden



Kuva 1. SNTL:n kaasuverkon päälinjat.

1. toiminnassa, 2. rakenteilla, 3. suunnitteilla, 4. kaasuesiintymä.

arvioiden mukaan kaasun kulutus SNTL:n euroopanpuoleisissa osissa kasvaa niin nopeasti, että Siperiasta ja Keski-Aasiasta on jouduttu ja joudutaan vielä lähitulevaisuudessa rakentamaan yksi tällainen länteen johtava putki vuosittain. Kuluvana 5-vuotiskautena rakennetaan mm. yli 2500 km:n pituinen kaasuputki lisää linjalle Keski-Aasia - Moskova, yli 2000 km:n lisäputki linjalle Urengoi - Moskova, lisäputki (tai mahd. putkia) "revontuli"-kaasujohtoon, joka kulkee Timano-Petšoran alueelta linjaa Kotlas - Torzok - Minsk - Brest, sekä 2750 km pitkä putkijohto Orenburg - Užgorod (Ukrainan länsirajalla). Kahta viimeksimainittua putkea myöten on tarkoitus toimittaa kaasua myös SEV-maihin, Itävaltaan, Italiaan ja Saksan Liittotasavaltaan.

Kaasuputkien rakentamisen ohella on alalla viimeaikoina kiinnitetty lisääntyvää huomiota kulutuksen kausivaihtelujen tasaamiseen tarkoitettujen väli-varastojen rakentamiseen. Tällaisina pyritään ensi sijassa käyttämään käytöstä poistettuja öljy- ja kaasuesiintymiä. Tulevaisuudessa pyritään varastointia tehostamaan myös käyttöpisteissä rakentamalla säiliöitä, joissa

kaasu varastoidaan nesteeksi jäädytettynä.

SNTL:ssa tuotetusta maakaasusta käytetään teollisuudessa yli 58 %, sähköenergian tuottamiseen n. 25 % sekä kunnallisella ja kotitaloussektorilla n. 13 %. Kaasun käyttöä pelkän sähköenergian tuottamiseen pyritään rajoittamaan, koska hyötysuhde lämpövoimaloissa jää alle 40 %. Tiettävästi uusia, kaasua käyttäviä lämpövoimaloita ei enää ole suunnitteilla SNTL:n euroopanpuoleisiin osiin.

2.3. Öljy

SNTL:ssa ei julkaista tietoja valtakunnan tunnetuista ja potentiaalisista öljyvaroista. SNTL:n suuressa tietosanakirjassa todetaan seuraavaa: "Varmennettujen öljyvarojen suhteen SNTL on maailman johtavia maita. Pääosa näistä varoista sijoittuu Länsi-Siperiaan, Volga-Uralin alueelle, Kazahstaniin, Itä-Siperiaan ja mannerjalusta-alueille. Huomattavia öljyvaroja edustavat myös 1970-luvun alkupuolella löydetty esiintymät Komin ASNT:ssa ja Arkangelin alueella". Öljyvarojen tulevaa kehitystä on näin ollen pyrittävä arvioimaan käytettävissä olevien tuotantotietojen avulla.

Vuosina 1920-1977 SNTL:n öljyntuotanto on kehittynyt seuraavasti (milj. tn):

1920	1930	1940	1950	1960	1970	1975	1977
3.8	18.5	31.1	37.9	147	353	491	546

Tuotannon alueellisen kuvan muuttuminen vuosina 1940-1970 käy ilmi taulukosta 3.

Määrällistä kehitystä SNTL:n suuri tietosanakirja kuvaa taulukolla 4.

SNTL:n öljyntuotannon kasvu on ollut hyvin nopeaa, tuotantohan on v:sta 1960 nelinkertaistanut. Keskeistä osaa on näytellyt Tumenin öljyalueen käyttöönotto Länsi-Siperiassa. Kuluva 5-vuotiskauden lopulla se tulee tuottamaan lähes puolet SNTL:n raakaöljystä ja sen tuotannon kasvu vastaavana aikana ylittää määrällisesti koko valtakunnan suunnitellun öljyntuotannon kasvun. Tumenin alueen kasvuvauhti tulee kuitenkin lähitulevaisuudessa hidastumaan. Alueen paras kenttä, Samotlor, saavuttaa tänä vuonna huipputuotantovaiheensa. Huipputuotantoa arvioidaan voitavan ylläpitää 7-8 vuotta, jonka jälkeen Samotlorin tuotanto alkaa laskea.

Taulukko 3. SNTL:n öljytuotannon alueellinen kehitys vv. 1940-1970 (2).

Alue	Osuus kokonaistuotannosta, %				
	1940	1950	1960	1965	1970
Azerbaidžanin SNT	71.4	39.2	12.1	8.9	5.7
Kazahstanin SNT	2.2	2.8	1.1	0.8	3.7
Turkmenian SNT	1.9	5.3	3.6	4.0	4.1
Ukrainan SNT	1.1	0.8	1.5	3.1	3.8
Uzbekistanin SNT	0.4	3.1	1.1	0.7	0.5
Valkovenäjän SNT	-	-	-	0.15	1.2
Venäjän FSNT	22.6	48.0	80.4	82.3	80.7
Venäjän FSNT:n kehitys alueittain:					
Kuibyshevian alue	0.7	9.3	15.1	13.8	10.0
Baškirian ASNT	4.6	14.9	17.1	16.7	11.7
Tatarian ASNT	-	2.3	31.3	32.8	28.8
Permin alue	0.5	0.8	1.5	4.0	4.6
Orenburgin alue	0.1	0.6	0.9	1.1	2.1
Volgogradin alue	-	-	3.2	2.4	2.2
Pohjois-Kaukasus	14.8	16.0	8.2	8.5	9.7
Komin ASNT	0.2	1.4	0.5	0.9	1.6
Länsi-Siperia	-	-	-	-	9.0

Taulukko 4. SNTL:n keskeisten öljyalueiden tuotanto vv. 1940-1973 ($\times 10^6$ tn).

Alue	1940	1960	1970	1973
Volga-Uralin alue	1.8	104.3	208.4	219.4
Länsi-Siperia	-	-	31.4	87.7
Keski-Aasia ja Kazahstan	1.5	9.0	29.1	38.5
Pohjois-Kaukasuksen alue	4.6	12.0	34.2	29.7
Kaukasuksen eteläpuoliset alueet	22.3	17.9	20.2	18.3
Ukraina	-	2.2	13.5	14.1
Muut alueet	0.9	2.5	15.7	20.8
Yht.	31.1	147.9	352.5	428.9

Tuotannon jatkuva kasvattaminen Länsi-Siperiassa edellyttää uusien esiintymien nopeaa käyttöönottoa. Sellaisia tiettävästi on. Ne eivät kuitenkaan kokonsa puolesta yllä Samotlorin tasalle ja sijaitsevat hajallaan kymmenien ja satojen kilometrien päässä toisistaan erittäin vaikeakulkuisilla suoperäisillä alueilla. Pullonkaulaksi Länsi-Siperian öljyn hyödyntämisessä näyttäisikin olevan nousemassa tehokkaan porauskaluston ja riittävän erikoistyövoiman saaminen alueelle. Kalustoa ja henkilökuntaa ollaan siirtämässä alueelle vanhoilta öljyalueilta osittain olosuhteisiin, jotka ovat synnyttäneet keskustelua SNTL:n lehdistönkin palstoilla.

Mannerjalustan öljyvarojen hyödyntämisessä SNTL:lla on toistaiseksi kokemuksia ainoastaan Kaspianmeren alueelta ja sielläkin ensisijaisesti alle 60 m:n vedensyvyydeltä ja pohjassa seisovilta "lautoilta" käsin. Koeporausksia on suoritettu ulkomaisella kalustolla Sahalinin edustalla, jossa öljyvarojen suuruudesta on esitetty arvio $5 \cdot 10^9$ tn. SNTL:n kiinnostus mannerjalustan öljyä kohtaan on kasvamassa, seuraavina nousevat tutkimuskohteiksi Asovanmeri ja Itämeri. SNTL on hankkinut lännestä uivan porauslautan (Rauma-Repola) ja porauslaivan (Ranska), jotka molemmat tulevat toimimaan Kaspianmerellä. SNTL:n energiataseeseen mahdollinen mannerjalustaöljy tuskin koskaan tulee vaikuttamaan ratkaisevasti ja sen vaikutus yleensäkin alkaneen tuntua aikaisintaan XII viisivuotiskaudella (1985-1990).

Öljynkuljetukset SNTL:ssa tapahtuvat kasvavassa määrin putkia myöten. SNTL:n öljyputkiverkoston kokonaispituus oli v. 1975 46 500 km ja sitä myöten kuljetettiin öljyä 458 milj. tonnia. Putkikuljetuksina siirretään SNTL:ssä mm. Länsi-Siperian (Samotlor) öljyä Volgan alajuoksun ja Tatarian jalostamoille, Timano-Petsoran alueelta Moskovan seuduille sekä Kuibyševin alueelta valtakunnan länsirajalle ja edelleen SEV-maihin (öljyjohto "Družba"). Kuluvan 5-vuotiskauden huomattavimmat öljyjohtojen rakennuskohteet ovat lähes 3000 km:n mittainen putki Samotlorin kentältä Länsi-Siperiasta Tseljabinskin ja Kuibyševin kautta Etelä-Ukrainaan sekä n. 1500 km:n mittainen Omsk - Taškent-putki.

2.4. SNTL:n vesivoimavarat

SNTL:n potentiaaliset vesivoimavarat on arvioitu sellaisiksi, että "normaalisademäärän" vallitessa niitä olisi mahdollista hyödyntää n. $2.1 \cdot 10^{12}$ kWh/v. SNTL:ssa v. 1977 tuotettu sähkömäärä $1.15 \cdot 10^{12}$ kWh olisi näin ollen periaatteessa pystytty tuottamaan yksinomaan vesivoimaa käyttäen.

SNTL:n euroopanpuoleiset vesivoimavarat alkavat olla loppuunrakennetut. Suurkohteista ovat vielä rakenteilla Tseboksarskin voimala (1400 MW) Volgan keskijuoksulla ja Nižnekamskin voimala (1250 MW) Kamajoen suupuolella.

SNTL:n vesivoimavaroista n. 80 % sijoittuu Siperiaan, Kaukoitään, Keski-Aasiaan ja Kazahstaniin. Siperian joista on toistaiseksi suurimittakaavaisesti alettu rakentaa Jeniseitä (hyödynnettävissä oleva teho 32 000 MW) ja sen sivujokea Ankaraa (20 000 MW). Jeniseillä on jo toiminnassa maailman suurin vesivoimala "Krasnojarsk", jonka teho on 6000 MW. N. 500 km ylemmäksi rakennetaan Sajano-Sušenskin voimalaa, joka valmistuttuaan on hieman suurempi (6400 MW). Ankanan rakennusohjelmaan kuuluvan neljän voimalan yhteisteho on 15.100 MW. Luettelo SNTL:ssä tällä hetkellä toimivista yli 500 MW:n voimaloista on esitetty taulukossa 5.

SNTL:ssä on tällä hetkellä olemassa valmiit suunnitelmat 275 vesivoimalan rakentamiseksi. Niiden yhteisteho tulee olemaan n. 30 000 MW. Tekniset tiedot on koottu 1600 vesivoimalaa varten (yhteisteho 95 000 MW). Yhteensä on tähän mennessä selvitetty 1870 vesivoimalan rakentamismahdollisuudet. Niiden yhteisteho tulee olemaan 125 000 MW ja vuosittain ne pystyvät tuottamaan $0.650 \cdot 10^{12}$ kWh sähköenergiaa. Tämä luku vastaa n. 50 %:a v. 1980 tuotettavaksi suunnitellusta sähköenergian kokonaismäärästä.

Todellisuudessa vesivoimalla tuotetun sähkön osuus tuotetun sähköenergian kokonaismäärästä on v:sta 1950 lähtien kehittynyt seuraavasti:

1950	13.9 %	1971	15.8 %
1955	13.6 %	1972	14.3 %
1960	17.4 %	1973	13.4 %
1965	16.1 %	1974	13.5 %
1970	16.8 %	1976	12.2 %

Nykyisellään SNTL hyödyntää vesivoimavaroistaan n. 14.5 %.

Vesivoiman rakentamista ovat SNTL:ssä toistaiseksi rajoittaneet suuret rakentamiskustannukset tuotettua kWh:a kohti. Ne olivat VIII viisivuotiskaudella (1965-1970) 297 ruplaa/kW ja IX viisivuotiskaudella 327 ruplaa/kW. Toinen vesivoiman käyttöönottoa hidastanut tekijä on ollut vesivoimaloiden pitkät rakennusajat verrattuna lämpövoimaloihin. Tämä johtuu siitä, että vesivoimaloiden rakentamiseen liittyy monissa tapauksissa myös mittavia maanparannus- ja kasteluprojekteja. Kolmas vesivoiman käyttöönottoa hidastanut tekijä on ollut ja on edelleen se, ettei tuotettavaa energiaa ole pystytty siirtämään useiden tuhansien kilometrien matkoja kulutuskeskuksiin. Osittaisratkaisuna

Taulukko 5. SNTL:ssa toimivat yli 500 MW:n vesivoimalat.

Vesivoimala	Joki	Asernettu teho, MW	Sähköenergian tuotanto, milj. kWh/v
SNTL:n 50-vuotispäivälle nimetty Krasnojarskaja	Jenisei	6000	16 433,2
Suuren Lokakuun 50-vuotispäivälle nimetty Bratskaja	Angara	4125	23 856,9
NKP:n XXII edustajaistunnolle nimetty Volžskaja	Volga	2541	8 717,3
V.I.Leninin nimelle nimetty Volžskaja	Volga	2300	7 342,4
V.I.Leninin nimelle nimetty Ust-Ilimskaja	Angara	3600	3 519,9
Leninil. Komsomolille nimetty Saratovskaja	Volga	1360	4 127,9
Toktogulskaja	Naryn	1200	1 200
Votkinskaja	Kama	1000	1 810,1
Nurekskaja	Vahš	900 ^{x)}	1 951,4
V.I.Leninin nimelle nimetty Pljavinskaja	Väinäjoki	825	1 414,0
Tširkeiskaja	Sulak	750	538,0
Buhtarminskaja	Irtyš	675	2 285,4
Irkutskaja	Angara	662,4	4 177,7
Dneproges-II	Dnepr	652,8	1 421,9
V.I.Leninin nimelle nimetty Dneprovskaja	Dnepr	650,6	2 274,1
Suuren Lokakuun sosialistisen vallankumouksen 50-vuotispäivälle nimetty Kremensugskaja	Dnepr	652	1 519,0
Tšarvaksaja	Tširtšik	600	864,0
Gorkovskaja	Volga	520	1 200,9
Kamskaja	Kama	504	1 476,0

(^{x)} Suunniteltu teho 2700 kWh)

viimeksimainittuun pulmaan ollaan rakentamassa runsaasti sähköenergiaa kuluttavia teollisuuslaitoksia uusien jättiläisvesivoimaloiden välittömään läheisyyteen.

SNTL:n euroopanpuoleisissa osissa ollaan kiinnittämässä huomiota pumppuvoimaloiden käyttöön sähkökulutuksen huippujen ja laaksojen tasaajana. Moskovan lähelle Zagorskiin rakennetaan pumppuvoimalaa, johon tulee 6 200 MW:n kääntöturbiinia ja 100 m:n putouuskorkeus. Liettuan SNT:n Kaishe-dorskiin suunnitellaan 1600 MW:n pumppuvoimalaa. Muita suunnittelun alla olevia laitoksia ovat mm. Leningrad, Dnestrin ja Tereblja-Rikskin pumppuvoimalat.

Öljy- ja kaasutuotannon kasvun hidastumisen myötä vesivoiman osuus SNTL:n energiataaseissa tulee pitkällä tähtäimellä kasvamaan. Vv. 1971-1975 SNTL:ssa otettiin käyttöön uutta vesivoimalatehoa 9100 MW. Vuosille 1976-1980 vastaava luku on suunnitelmissa 13 300 MW. V. 1980 vesi- ja atomivoimalla kaavillaan tuotettavaksi 20.0 % SNTL:n sähköenergiasta luvun oltua v. 1975 14.0 %.

2.5. Ydinvoima

SNTL:n uraanivaroista ei ole käytettävissä tietoja.

SNTL:n vuosille 1976-1980 laaditun X viisivuotissuunnitelman mukaan "on huolehdittava siitä, että atomienergian tuotannon kehittäminen ohittaa muiden energiamuotojen kehitysvauhdin SNTL:n euroopanpuoleisissa osissa, on vauhditettava nopeaneutronireaktorien käyttöönottoa ja rakentamista, on aloitettava valmistelevat työt atomienergian käyttämiseksi lämmitysenergiana...".

Luettelo SNTL:n tällä hetkellä toimivista, rakenteilla olevista ja 1980-luvulla rakennettavaksi suunnitelluista atomivoimaloista on esitetty liitteessä 1. V:n 1978 alussa SNTL:n toimivien atomivoimaloiden yhteisteho oli 8200 MW (1). V:n 1975 aikana SNTL:ssa tuotetusta sähköenergiasta tuotettiin atomivoimaloissa 2.0 %.

Lähivuosina SNTL:n atomivoiman kehitys tulee perustumaan VVER-1000 ja RVMK-tyyppisiin 1000 MW:n reaktoreihin. RVMK-reaktorista on lisäksi kehitteillä 1500 MW:n ja myöhemmin tulevaisuudessa 2400 MW:n versiot. VVER-1000-laitokset varustetaan aluksi kahdella 500 MW:n turbiinilla ja myöhemmin kehitetään reaktorin kanssa yhtenäisen "paketin" muodostava 1000 MW:n (1500 r/min) turbiini. RVMK-1500-reaktori puolestaan tullaan varustamaan kahdella 750 MW:n (3000 r/min, 65 atm) turbiinilla.

Kuluvalla 5-vuotiskaudella valmistuvien atomivoimaloiden tuottaman sähköenergian omakustannushinnaksi arvioidaan (1) 0.5-0.8 kopeekkaa/kWh. "Atomisähkö" muodostuu näin ollen halvemmaksi kuin suuressa lämpövoimalassa tuotettu, sillä Žimerin (1) esittää Krivoj Rogin 3600 MW:n suurvoimalan omakustannushinnaksi 0.9 kopeekkaa/kWh.

Žimerinin (1) mukaan konventionaalisten atomivoimaloiden ja niillä tuotetun sähkön suhteellinen osuus energiataseessa tulee kasvamaan seuraavan 20-25 vuoden aikana. Pitemmällä tähtäimellä uraanivarojen rajallisuus mahdollisesti aiheuttaa tämän kehitystrendin hidastumista. Tähän mennessä toivotaan kuitenkin hyötyreaktoreiden kehittyneen sarjatuotantoasteelle, sillä näiden reaktoreiden käyttöönotto "moninkertaistaa" (50-100 x) olemassa olevat ydinpolttoainevarat. SNTL:n energetiikkaministeriön asiantuntijoiden mukaan hyötyreaktoreissa on kuitenkin havaittu joukko toistaiseksi ratkaisemattomia ongelmia, eikä niiden laajamittaista käyttöönottoa pidetä todennäköisenä vielä 1980-luvulla.

2.6. Tulevaisuuden energialähteitä

Pitkälle tulevaisuuteen suuntautuviissa tarkasteluissa SNTL:ssa nähdään sekä fossilisiin polttoaineisiin että uraanin käyttöön perustuva energiatuotanto aikaa myöten ehtyväksi. Ratkaisuksi toivotaan tällöin nousevan fuusioreaktorin, jonka kehittämiseen liittyvät vaikeudet toivotaan siihen mennessä voitettavan. Energiakeskusteluissa usein esille nousevat tuuli-, vuorovesi-, geoterminen ja aurinkoenergia nähdään vaihtoehdoiksi, joiden merkitys valtakunnallisen energiataseen kannalta tulee jäämään suhteellisen pieneksi. Paikallisella tasolla tällaisten energialähteiden sen sijaan arvellaan tietyillä alueilla voivan kehittyä merkittäviksi.

3. SNTL:n valtakunnallinen sähköenergiajärjestelmä

SNTL:n perustamisesta lähtien valtakunnan sähköistäminen on kuulunut kansantalouden kehittämisen perustavoitteisiin. Suunnitelmatalouden luonteen mukaisesti SNTL:n sähköenergiajärjestelmää on pyritty kehittämään ja kehitetään kokonaisvaltaista "systeemanalyttistä" lähestymistapaa käyttäen. Tavoitteena on optimaalisten ratkaisujen löytäminen sähköenergian tuotannossa ja kulutuksessa huomioiden olemassaoleva väestö ja teollisuus pohja, sen alueellinen sijoittuminen, energioresurssien alueellinen sijoittuminen ja runsaus sekä em. tekijöiden nähtävissä olevat kehitystrendit.

Tässä luvussa pyritään kuvaamaan SNTL:n sähköenergiajärjestelmän keskeisten elementtien tämänhetkistä tilaa ja lähitulevaisuuden kehitysnäkymiä. Huomiota kiinnitetään myös eräisiin energiajärjestelmän kehittämisen seurannaisvaikutuksiin kansantalouden tasolla.

3.1. Voimalatyypit ja niiden koon kehitys

Valtaosa SNTL:ssa tällä hetkellä toimivista ja rakenteilla olevista voimaloista kuuluu johonkin seuraavista ryhmistä:

Fossiilisia polttoaineita käyttävät lämpövoimalat

Vesivoimalat

Atomivoimalat

Sähköä tuottavat kaukolämpökeskukset

Kaikille voimalatyypeille tunnusomainen kehityspiirre on ollut niiden turbiinien yksikkökoon kasvu. Turbiinien tehon oltua esim. lämpövoimaloissa aiemmin luokkaa 150-200-300 MW, ollaan kuluvalle vuosikymmenellä enenevässä määrin siirtymässä 500-800 MW:n yksikkökokoihin. Viisivuotiskauden loppuun mennessä otetaan Kostroman voimalassa (kaasu-öljy) käyttöön 1200 MW:n turbiini. Vastavaa kehitystä on havaittavissa myös lämpökeskusten sähköturbiineissa, joista suurimmat tuottavat nykyään jo 250 MW sähkötehoa. Suurimmat tällä hetkellä toimivat vesiturbiinit ovat Krasnojarskin voimalan 500 MW:n turbiinit, Nureksin voimalan 300 MW:n turbiinit sekä Bratskin ja Ust-Ilimskin voimaloiden 225-250 MW:n turbiinit. Atomivoimaloissa on jo otettu käyttöön 500 MW:n turbiineja, rakenteilla on 1000 MW:n turbiineja ja suunnitteilla vieläkin suurempia aina 2000 MW:iin saakka.

Turbiinien yksikkötehon kasvaessa kasvavat myös voimaloiden kokonaistehot. V. 1975 SNTL:ssa oli toiminnassa 57 yli 1000 MW:n ja niistä 18 yli 2000 MW:n voimalaa. SNTL:n suurimmat lämpövoimalat kuluvan viisivuotiskauden lopulla tulevat olemaan seuraavat (1):

Reftinskin voimala	3800 MW
Kostroman voimala	3600 MW
Zaporožin voimala	3600 MW
Ulegorskin voimala	3600 MW

Siperian hiilikentille Ekibastukseén ja Krasnodarin lähistölle kaavaillaan lähitulevaisuudessa 6-10 hiilivoimalaa, joiden teho tulee olemaan 4000-6400 MW. Vastaavaa kehitystä vesi- ja atomivoiman osalta on käsitelty edellisessä luvussa (kohdat 2.4. ja 2.5.).

3.2. Sähkölinjojen kehitys

Rinnan voimaloiden koon kasvun kanssa lisääntyvät myös siirtolinjoille asetettavat vaatimukset. SNTL:n korkeajännitelinjojen kokonaispituus on vv. 1965-1975 kehittynyt seuraavasti:

	1965 (km)	1970 (km)	1975 (km)
35 kV	122352	175727	241755
110 kV	128108	185847	244030
220 kV	35247	50247	70348
330 kV	7276	14188	19359
400 - 500 kV	8284	13188	19377
750 kV	-	88	1725

Korkein tuotantomittakaavaisessa sähkönsiirrossa käytössä oleva vaihtojännite SNTL:ssa on tällä hetkellä 750 kV. Eri jännitteillä tapahtuvan sähköenergian siirron "taloudellisuusrajoiksi" arvioidaan seuraavat (1):

Jännite (kV)	Optimaalinen siirrettävä teho (MW)	Taloudellisesti kannattava siirtomatka (km)
110	35 - 50	100
220	100 - 200	160 - 200
330	300 - 400	200 - 300
500	- 1000	500 - 1200
750	1800 - 2500	1200 - 1500
1150	4000 - 6000	2000

Kokeilut 1150 kV:n siirtolinjalla ovat meneillään.

SNTL:ssa on todettu, että haluttaessa siirtää todella suuria sähköenergiämääriä 1500 km:n päähän ja kauemmaksi, on edullista käyttää tasavirtaa. Ensimmäinen tällainen hanke tulee olemaan 1500 kV:n (± 750 kV) linja Ekibastus - Tambov, jonka pituus on 2414 km. Linjaa pitkin kaavailaan siirrettäväksi vuosittain $42 \cdot 10^9$ kWh sähköenergiaa Ekibastusin hiilikentiltä euroopanpuoleisille teollisuusalueille. Eräiden suunnitelmien mukaan otetaan SNTL:ssa tulevaisuudessa käyttöön myös 2500 kV:n tasavirtalinjoja, joilla siirretään sähköenergiaa kauas asutuilta seuduilta rakennetuista hyötyreaktoreista kulutuskeskuksiin.

3.3. SNTL:n yhtenäinen sähköenergiajärjestelmä

SNTL:n voimat ovat yhteydessä toisiinsa siirtolinjojen välityksellä ja muodostavat yhteensä 11 suurta alueellista sähköenergiajärjestelmää ASJ/OES (OES=objedinjonnaja energetičeskaja sistema). Järjestelmät ja niiden piiriin kuuluvien voimaloiden yhteisteho v. 1975 on lueteltu seuraavassa (6):

Alueellinen järjestelmä:	Asennettu teho (MW)
Euroopanpuoleisen keskustan ASJ	29830
Keski-Volgan ASJ	12760
Uralin ASJ	25440
SNTL:n luoteisosien ASJ	23010
Euroopanpuoleisen etelän ASJ	38440
Kaukasuksen eteläpuolen ASJ	8020
Kazahstanin ASJ	7240
Siperian ASJ	27350
Keski-Aasian ASJ	11690
Kaukoidän ASJ	5870

Järjestelmän tärkeimmät voimat ja siirtolinjat on esitetty liitteessä 2.

SNTL:n 11:sta alueellisesta järjestelmästä tähän mennessä 9 on kytketty toisiinsa ja ne muodostavat SNTL:n yleisliittolaisen sähköenergiajärjestelmän. Tämän ulkopuolelle jäävät toistaiseksi Keski-Aasian ja Kaukoidän ASJ:t, joista ensimmäinnettulla kuluvalle 5-vuotiskaudella yhdistämään 500 kV:n linjalle Siperian ASJ:ään ja tätä kautta yleisliittolaisen sähköenergiajärjestelmään.

SNTL:n yleisliittolainen sähköenergiajärjestelmä on kytketty myös eurooppalaisten SEV-maiden yhtenäiseen sähköenergiajärjestelmään (kuva 4). Tämän lisäksi siitä ollaan rakentamassa Suomeen sähköenergian siirtolinjaa, joka valmistuttuaan mahdollistaa $4 \cdot 10^9$ kWh/v energiatoimitukset SNTL:sta (6).

3.4. Sähköenergian tuotannon ja käytön kehitysnäkymiä SNTL:ssa

3.4.1. Sähköenergian tuotannon raaka-ainepohjan kehitys

Yhdeksännen viisivuotiskauden viimeisenä vuotena (1975) SNTL:n sähköenergian tuotanto nousi $1039 \cdot 10^{12}$ kWh:iin. Tästä määrästä tuotettiin fossiilisilla polttoaineilla n. 86 %, vesivoimalla runsaat 12 % ja atomivoimalla vajaat 2 %. Kymmenennen 5-vuotiskauden viimeisenä vuotena (1980) sähköenergian tuotannon arvioidaan nousevan $1340-1380 \cdot 10^{12}$ kWh:iin. Suunnitelman mukaan tästä määrästä n. 80 % tuotetaan fossiilisilla polttoaineilla ja loput 20 % vesi- ja atomivoimalla.

Tapahtumassa olevasta kehityksestä antaa käsityksen seuraava taulukko:

	IX 5-vuotiskausi (1971-1975)	X 5-vuotiskausi (1976-1980)
SNTL:n voimaloiden kokonaisteho 5-vuotiskauden päättyessä	217.500 MW	284.500 MW
Voimaloiden kokonaistehon lisäys 5-vuotiskaudella	57.600 MW	70.500 - 72.000 MW
Tästä		
- lämpövoimaloiden osuus	44.700 MW	43.400 MW
- atomivoimaloiden osuus	3.800 MW	13.000 - 15.000 MW
- vesivoimaloiden osuus	9.100 MW	13.300 MW

Kun yhdeksännen viisivuotiskauden voimarakapasiteetin kasvusta 78 % toteutettiin rakentamalla fossiilisia polttoaineita käyttäviä lämpövoimaloita, jää vastaava luku X viisivuotiskaudella 61 %:iin. Edelleen energiantuotannon kasvu siis perustuu pääosaltaan fossiilisten polttoaineiden käytön lisäämiseen, mutta ei enää samassa määrin kuin aikaisemmin. Suhteellisesti kasvattaa kuljulla 5-vuotiskaudella osuuttaan eniten atomivoima ja jonkin verran myös vesivoima.

V:n 1960 jälkeen tapahtuneesta kehityksestä fossiilisten polttoaineiden ryhmän sisällä antaa käsityksen taulukko 6. Suuntana on ollut öljyn ja

Taulukko 6. Sähköntuotantoon käytettyjen fossiilisten polttoaineiden suhteellisten osuuksien kehitys SNTL:ssa vv. 1960-1975 (1).

	1960	1965	1970	1975
Hiili	70.9	54.6	46.1	42.6
Kaasu	12.3	25.6	26.0	26.8
Öljy	7.5	12.8	22.5	25.1
Turve	7.0	4.5	3.1	3.5
Öljyliuske	1.0	1.5	1.7	1.6
Muut	1.3	1.0	0.6	0.4

kaasun käytön nopea kasvu kiinteiden polttoaineiden hiilen ja turpeen kustannuksella. Tämä kehityssuunta on nyt selvästi muuttumassa. SNTL:n Kansantalouden X viisivuotissuunnitelman mukaan kuluvalle 5-vuotiskaudella aletaan luoda pohjaa painopisteen siirtämiseksi pois öljystä ja kaasusta energiantuotannossa. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että aloitetut öljy- ja kaasuvoimalat rakennetaan valmiiksi, mutta uusia rakennustöitä ei enää panna vireille SNTL:n euroopanpuoleisilla teollisuusalueilla. Uusia öljy- ja kaasuvoimaloita tullaan jatkossa rakentamaan ainoastaan öljy- ja kaasuesiintymien välittömään yhteyteen ja tällöinkin lähinnä vain paikallisia tarpeita varten (6).

Asiantuntijoiden arvioiden mukaan öljyn käyttö sähköenergian tuotannossa ei SNTL:ssa enää nykyisestään tule kasvamaan. Sen arvioidaan säilyvän suunnilleen nykyisellä tasollaan n. v:een 1985 ja alkavan sen jälkeen verraten jyrkästi laskea. Kaasun kohdalla arvioidaan kehityksen olevan samansuuntaista, ensi vuosikymmenen toisella puoliskolla kaasun suhteellinen osuus sähköenergian tuotannossa alkaisi näin ollen laskea, joskaan ei aivan yhtä jyrkästi kuin öljyn.

Öljyn ja kaasun tulee ensisijassa korvaamaan hiili. X viisivuotiskaudella SNTL:ssa aletaan rakentaa 24 suurta hiilivoimalaa, joiden yhteisteho tulee olemaan 50.000 MW (1). Suurimmat voimalakompleksit tulevat nousemaan Siperiaan, ensisijassa Ekibastusin ja Kansko-Atšinskin hiilialueille, mutta

myös Euroopan puolella ollaan rakentamassa uusia suuria heikkolaatuista hiiltä polttoaineenaan käyttäviä voimaloita. Myös eräitä aikaisemmin öljyllä ja kaasulla toimineita voimaloita ollaan muuttamassa kiinteällä polttoaineella toimiviksi.

Hiilen ohella kiinteistä polttoaineista on aikaisemmin SNTL:ssa omannut merkitystä myös turve. Turpeen osalta kehitysnäkymät energiantuotannon alalla ovat suhteellisen vaimeat. SNTL:n energia-asiantuntijat näkevät sillä olevan tulevaisuudessa lähinnä paikallista merkitystä sähköä tuottavien lämpökeskusten polttoaineena. Tulevaisuudessa nähdään turpeella olevan maatalouden alalla paremmat kehitysnäkymät kuin energetiikassa.

3.4.2. Aluepoliittisia kysymyksiä

Eräs SNTL:n energiatalouden perusongelmista on se, että energiaa kuluttavat alueet sijaitsevat kaukana seuduista, joille valtakunnan energiavarat pääasiallisesti sijoittuvat. Tyypillisinä energiankulutusalueina voidaan mainita esim. SNTL:n Baltian tasavallat ja Leningradin alue. Näillä alueilla on omia energiavaroja varsin niukasti. Toisaalta ne ovat suhteellisen tiheään asuttuja ja niillä on hyvin kehittynyt teollisuus ja infrastruktuuri. Neuvostoliittolaiset energia-asiantuntijat^{x)} esittävät tällaisten alueiden energetiikan kehitykselle seuraavia yleisiä suuntia:

1. Alueiden omat energiavarat pyritään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti.
2. Alueiden energiatarpeen kasvu tyydytetään rakentamalla niille lisää atomivoimaloita. Olemassaoleva muu energiantuotantokapasiteetti pidetään käytössä, mutta sitä ei kasvateta.
3. Alueilla syötetään tarpeen mukaan muualla tuotettua sähköenergiaa yleisliittolaisen sähköenergiajärjestelmän välityksellä.
4. Alueiden teollisuutta, jossa koneenrakennuksella jo vanhaan on vanhat perinteet, pyritään edelleen kehittämään siten, että vähän energiaa kuluttavat teollisuudenalat ovat prioriteettiasemassa. Vältetään energiantensiivisten tuotantolaitosten rakentamista em. alueille.

x) ks. s. 21.

Voimaakkaasti kehittyviä energiaraaka-aineita ja energiaa tuottavia alueita SNTL:n teollistuneiden osien ulkopuolella ovat mm. Timano-Petsoran öljy-, kaasu- ja hiilialue Euroopan koilliskulmassa, Tumenin öljy- ja kaasualue Länsi-Siperiassa, Ekibastusin, Kuznetskin ja Kansko-Atšinskin hiilialueet Keski-Siperiassa, Bratskin alue Angarajoen varrella sekä Etelä-Jakutian hiilialue Itä-Siperiassa. Varsinaisen energiaraaka-aineiden ja energian tuotannon ohella näille alueille ollaan sijoittamassa ensisijaisesti pitkälle automatisoitua, vähän työvoimaa vaativaa, paljon energiaa kuluttavaa prosessiteollisuutta. Öljy- ja kaasualueilla (Tumen) painopiste on petrokemian ja kemian teollisuuden kehittämisessä, runsaasti vesivoimaa tuottavilla alueilla (Bratsk) sähkömetallurgiassa ja puunjalostusteollisuudessa ja hiilialueilla aluksi voimaloiden rakentamisessa ja kauempana tulevaisuudessa hiilen nestemäisiä ja kaasumaisia johdannaisia tuottavassa petrokemian teollisuudessa. Mahdollisuuksien mukaan pyritään siis rajoittamaan energian siirtämistä pois sitä tuottavilta alueilta "raakana", ja kuljetetaan energia sen sijaan sellaisten puolivalmisteiden ja materiaalien muodossa, joiden tuottaminen on hyvin energiaintensiivistä.

3.4.3. Energian säästö

Energian säästöön ollaan SNTL:ssa kiinnittämässä kasvavaa huomiota. Säästötoimenpiteet voidaan karkeasti jaotella kahteen ryhmään. Yhtäältä pyritään vähentämään tuotettua energiayksikköä kohti kulutettua polttoainemäärää. Toisaalta pyritään rajoittamaan itse energiankulutusta.

V. 1977 SNTL:ssa kului yhtä tuotettua kWh:a kohti 334.4 g ja yhtä tuotettua Gcal:a kohti 173.3 kg normaalipolttoainetta (4). V. 1978 luvut tulevat olemaan 331 g/kWh ja 173.0 kg/Gcal. Keskeisin tekijä voimaloiden polttoaineen ominaiskulutusta pienennettäessä on toistaiseksi siirtymäinen yhä suurempiin ja suurempiin yksikkökokoihin.

Kulutuspuolella tapahtuvat energiansäästötoimet ovat liian moninaiset tässä yhteydessä selostettavaksi. Summaefektinä arvioidaan SNTL:ssa erilaisten

x) (s. 20) SNTL:n Tiedeakateman Siperian osaston Energetiikan Instituutin johtaja J.N.Rudenko
SNTL:n Energetiikan ja sähköistämisen ministeriön Energetiikan Instituutin johtaja V.I.Levitov

X viisivuotiskaudella toteutettavien energiansäästötoimenpiteiden ansiosta säästettävän $150 \cdot 10^6$ tn normaalipolttoainetta vuodessa.

KIRJALLISUUTTA

- (1) D.G.Žimerin; "Energetika, nastojaštšeje i buduštšeje", Izd. "Znanija", Moskova (1978).
- (2) S.M.Lisitškin; "Energetičeskie resursy mira", Izd. "Nedra", Moskova (1977).
- (3) "Bolšaja sovetskaja Entsiklopedija" (1975-1977).
- (4) E.I.Borisov; "Energetika v jubileinom 1977 godu i zadatši na 1978", Teploenergetika no 1, ss. 2-4 (1978).
- (5) P.S.Neporožnyj; "Sostojanije i kompleksnye problemy razvitija energetiki SSSR", Teploenergetika no 2, ss. 2-4 (1978).
- (6) "Elektrifikatsija SSSR 1967-1977", Izd. "Energija", Moskova (1977).
- (7) "Elektroenergetika jevropeskikh stran-tšlenov SEVa", Izd. "Energija", Moskova (1978).
- (8) M.E.Adžijev; "BAM: promyšlennye komplekсы vostoka SSSR", Znanije, Serija promyšlennost No 9/1978.

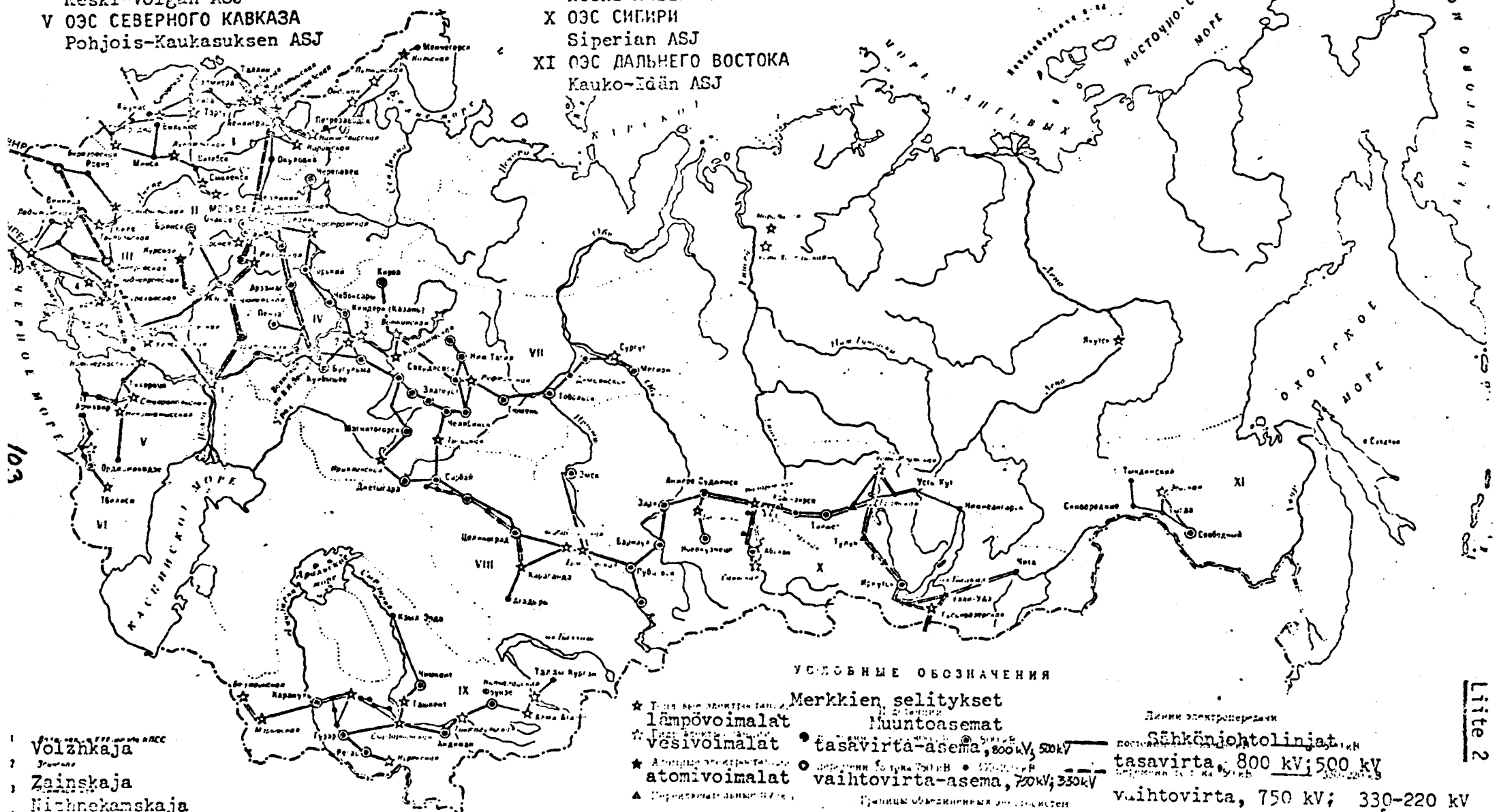
1 Voimala	2 Teho (MW)	3 Käyttöönottovuosi	4 Toiminta
VVER- tyyppiset reaktorit			
Novovoronezhin atomivoimala			
1. reaktori	210	1964	toimii
2. --	365	1969	--
3. --	440	1971	--
4. --	440	1972	--
5. --	1000	1978	rakenteilla
Kuolan atomivoimala			
1. reaktori	440	1973	toimii
2. --	440	1974	--
3. --	440	vuoteen 1980	rakenteilla
4. --	440	--	--
Armenian atomivoimala			
1. reaktori	405 ^x	1976	toimii
2. --	405 ^x	1980 mennessä	rakenteilla
^x jäädytysolosuhteista johtuen VVER-440-reaktoreista ulossaava teho			
Kalininin atomivoimala			
1. reaktori	1000	1980-luku	rakenteilla
2. --	1000	--	suunnitteilla
3. --	1000	--	--
4. --	1000	--	--
Etelä-Ukrainan atomivoimala			
1. reaktori	1000	1980 mennessä	rakenteilla
2. --	1000	1980-luvulla	suunnitteilla
3. --	1000	--	--
4. --	1000	--	--
Rovenskin atomivoimala			
1. reaktori	440	1980 mennessä	rakenteilla
2. --	440	--	--
Länsi-Ukrainan atomivoimala			
1. reaktori	1000	1980-luvulla	suunnitteilla
2. --	1000	--	--
3. --	1000	--	--
4. --	1000	--	--
Uljanovskin (VK-50 kiehtus-) atomivoimala			
	50	1965	toimii
RVHK-tyyppiset kanavareaktorit			
Obninskian atomivoimala			
	5	1954	toimii
Siperian atomivoimala			
	600	1953	toimii

1	2	3	4
Belojarskin atomivoimala			
1. reaktori	100	1964	toimii
2. --	200	1967	--
Leningradin atomivoimala			
1. reaktori	1000	1973	toimii
2. --	1000	1975	--
3. --	1000	1980 mennessä	rakenteilla
4. --	1000	--	--
Bilibinskin atomivoimala (toimii arktisissa olosuhteissa)			
1. reaktori	12	1973	toimii
2. --	12	1974	--
3. --	12	1975	--
4. --	12	1976	--
Kurskin atomivoimala			
1. reaktori	1000	1976	toimii
2. --	1000	1980 mennessä	rakenteilla
3. --	1000	--	--
4. --	1000	1980-luvulla	suunnitteilla
Tšernobyilskin atomivoimala			
1. reaktori	1000	1977	toimii
2. --	1000	1980 mennessä	rakenteilla
3. --	1000	1980 jälkeen	suunnitteilla
4. --	1000	--	--
Smolenskin atomivoimala			
1. reaktori	1000	1979	rakenteilla
2. --	1000	1980-luvulla	suunnitteilla
Ignalinskin atomivoimala			
1. reaktori	1500	1980 jälkeen	rakenteilla
2. --	1500	--	--
Kopeancutronireaktorit			
Uljanovskin atomivoimala			
	12	1969	toimii
Sevtšenkon atomivoimala			
	150	1973	toimii
	120.000 m ³ /vrk tisl. vettä		
Belojarskin atomivoimala			
	600	1980 mennessä	rakenteilla

- I ОЭС СЕВЕРО-ЗАПАДЯ
luoteisosan ASJ
- II ОЭС ЦЕНТРА
keskiosan ASJ
- III ОЭС ЮГА
eteläosan ASJ
- IV ОЭС СРЕДНЕЙ ВОЛГИ
Keski-Volgan ASJ
- V ОЭС СЕВЕРНОГО КАВКАЗА
Pohjois-Kaukasuksen ASJ

- VI ОЭС ЗАКАВКАЗЬЯ
Transkaukasian ASJ
- VII ОЭС УРАЛА
Uralin ASJ
- VIII ОЭС СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА
Pohjois-Kazakhstanin ASJ
- IX ОЭС СРЕДНЕЙ АЗИИ
Keski-Asian ASJ
- X ОЭС СИБИРИ
Siperian ASJ
- XI ОЭС ДАЛЬНОГО ВОСТОКА
Kauko-Idän ASJ

П Л Е Л О В И Т Ы Й
К Е Л И



- 1 Volzhskaja
- 2 Zainskaja
- 3 Nishnekamskaja
- 4 Krivorozhskaja

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Merkkien selitykset
Muuntoasemat
- ★ Гидроэлектростанции
lämpövoimalat
 - ☆ Гидроэлектростанции
vesivoimalat
 - ★ Атомные электростанции
atomivoimalat
 - ▲ Термоядерная электростанция
- Линии электропередачи
Sähköjohtolinjat
- tasavirta-asema, 800 kV, 500 kV
tasavirta, 800 kV; 500 kV
 - vaihtovirta-asema, 750 kV, 330 kV
vaihtovirta, 750 kV; 330-220 kV
- alueellisten sähköjärjestelmien rajat

Taulukko : SNTL:n polttoainetuotannon kehitys vuosina 1940-1977 (1 tn normaalipolttoainetta = 7000 Mcal)

	1940	1950	1955	1960	1965	1970	1974	1975	1976	1977	1980(5)
<u>ÖLJY</u> X10 ⁶ tn	31.1	37.9	70.8	147.0	242.9	353.0	458.9	490.8	519.7	545.8	620-640
X10 ⁶ tn norm.	44.5	54.2	101.2	211.4	346.4	502.5	656.3	701.9	753.1	780.5	
% kokonaistuot.	18.7	17.4	21.1	30.5	35.8	41.1	43.8	44.7	45.0	45.2	
<u>KAASU</u> X10 ⁹ m ³	3.2	5.8	9.0	45.3	127.7	197.9	260.6	289.3	321.0	346.0	400-435
X10 ⁶ tn norm.	4.4	7.3	11.4	54.4	149.8	233.5	311.4	342.9	380.3	410.0	
% kokonaistuot.	1.8	2.3	2.4	7.9	15.5	19.1	20.8	21.8	23.1	23.7	
<u>KIVIHIILI</u> X10 ⁶ tn	165.9	261.1	389.9	509.6	577.7	624.1	684.5	701.3	711.5	722.1	790-810
X10 ⁶ tn norm.	140.5	205.7	310.8	373.1	412.5	432.7	480.2	471.8	479.0	486.0	
% kokonaistuot.	59.1	66.1	64.8	53.9	42.7	35.4	32.1	30.0	29.0	28.2	
<u>TURVE</u> X10 ⁶ tn	33.2	36.0	50.8	53.6	45.7	57.4		53.8	32.7	41.2	
X10 ⁶ tn norm.	13.6	14.8	20.8	20.4	17.0	17.7	13.9	18.5	11.3	14.0	
% kokonaistuot.	5.7	4.8	4.3	2.9	1.7	1.5	0.9	1.2	0.7	0.8	
<u>ÖLJYLIUSKE</u> X10 ⁶ tn	1.7	4.7	10.7	14.1	21.3	27.9	33.3	32.0			
X10 ⁶ tn norm.	0.7	1.3	3.3	4.8	7.4	8.8	11.3	10.8	11.0	11.4	
% kokonaistuot.	0.3	0.4	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	
<u>PUU</u> X10 ⁶ m ³						70.9		59.3			
X10 ⁶ tn norm.	34.1	27.9	32.4	28.7	33.5	26.6	24.0	25.4	24.6	24.6	
% kokonaistuot.	14.4	9.0	6.7	4.1	3.5	2.2	1.6	1.6	1.5	1.4	
<u>Yhteensä</u> X10 ⁶ tn norm.	237.9	311.2	479.9	692.8	966.6	1221.8	1497.1	1571.3	1649.3	1726.5	

U S A

1194

1442

2138

2047

26 %

48 %

57.1 %

73 %