

ATS

Ydintekniikka n:o 2/1979

ENS NEWSLETTER		2
SÄHKÖLAKI		12
TVO I - TILANNE OLKILUODOSSA		14
TVO II:N ASENNUSKOKEMUKSIA		15
LOVIISA 2:N TILANNE		17
RAPORTTI TMI-2 -YDINVOIMALAITOKSELLA SATTUNEESTA ONNETTOMUUDESTA	Jukka Laaksonen	18
RASMUSSENIN RAPORTTIIN KOHDISTETTU KRITIIKKI	Ami Rastas	34
ENC '79 KONFERENSSI		
Matkakertomus	Risto Tarjanne	47
Conference Résumé	Sir John Hill	55

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO 2/1979
KESÄKUU 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 00101 HELSINKI 10	JOHTOKUNNAN JÄSEN DI ANTERO RAADE PUH. 90-6160267	IMATRAN VOIMA OY PL 138 00101 HELSINKI 10
VARAPUHEENJOHTAJA DI PAAVO HOLMSTRÖM PUH. 939-37211	RAUMA-REPOLA OY, PORIN TEHTAAT PL 96 28101 PORI 10	JOHTOKUNNAN JÄSEN TKL AMI RASTAS PUH. 90-523522	TEOLLISUUDEN VOIMA OY KUTOJANTIE 8 02630 ESPOO 63
RAHASTONHOITAJA TKT PEKKA HIISMÄKI PUH. 90-4566320	VTT/REAKTORILABORATORIO OTAKAARI 3 A 02150 ESPOO 15	JOHTOKUNNAN JÄSEN FL ANNELI SALO PUH. 90-544212	SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOS PL 268 00101 HELSINKI 10
SIHTEERI FM JORMA KARJALA PUH. 90-520379	TEOLLISUUDEN VOIMA OY KUTOJANTIE 8 02630 ESPOO 63	YLEISSIHTEERI DI PEKKA LOUKO PUH. 90-6160474	IMATRAN VOIMA OY EERIKINKATU 27 00180 HELSINKI 18

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

ENERGIAHUOLTO JA YDINENERGIA

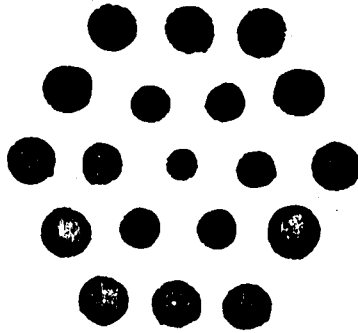
"Energiahuolto ja ydinenergia" ja "Energiförsörjning och kärnenergi" ovat Suomen Atomiteknillisen Seuran (ATS) suomen- ja ruotsinkielisten ydinenergia-alan informaatiokirjasten nimet. Suomenkielinen painos tulee kirjapainosta kesäkuun alussa ja ruotsinkielinen syksyllä. Kirjanen on pyritty tekemään asiasisällöltään korkeatasoiseksi, helposti luettavaksi ja mielenkiintoa herättäväksi. Olen jo tämän lehden palstoilla aikaisemmin kertonut kirjashankkeesta. Nyt toimitustyön tultua lähes valmiiksi on paikallaan sanoa vielä muutama sana kirjasesta.

ATS:n ydinenergia-alan informaatiokirjaseen kokoamisessa, tekstinteossa, ulkoasun suunnittelussa, kuvituksessa ja taitossa on käytetty toimitustyöhön erikoistuneita ammattihenkilöitä. Toimitustyötä valvomassa, arvioimassa ja avustamassa on ollut kuusihenkinen ATS:n jäsenistä muodostettu toimikunta. Kirjaseen asiasisältö on kerätty käyttäen ATS:n asiantuntemusta ja tekemällä asiantuntija-haastatteluja. Lisäksi kirjaseen teossa ovat avustaneet ATS:n jäsenet. Kirjaseen eri versiot on tarkastettu toimitustyötä valvovan toimikunnan ja seuran johtokunnan toimesta.

Toimitustyön kuluessa on selvinnyt, että ydinenergia-alan informaation laatiminen on vaativa ja monitahoinen tehtävä. Tekijäpuolella tähän on lähinnä kaksi eri syytä. Ensinnäkin asiantuntijoiden mielipiteet siitä, mihin on kiinnitettävä huomiota, missä laajuudessa ja millä tavoin, eroavat toisistaan. Erot eivät ole itseasiassa suuria, mutta kuitenkin sellaisia, että toimitustyössä joudutaan valinta- ja sovittelutilanteisiin. Toiseksi ammattitoimittajan ilmaisutyyli sekä tekstin eloisaksi ja ymmärrettäväksi tekeminen eroavat alalla yleisesti käytetyn asiakirjatekstin vaatimuksista. Tämä johtaa hankaluuksiin valmiin tekstin hyväksyttämässä. Edellä mainitut kaksi seikkaa johtavat laajaan monitahoiseen tekstin viimeistelyyn, joka toimitustyössä mukana olleista on varmasti tuntunut työläältä.

Kirjaseen tekeminen on tuonut esille sen, että tähän mennessä annettu informaatio ei aina ole ollut sellaista, joka alan ulkopuolisen olisi ollut helppo ymmärtää. ATS:n kirjaseessa tämä sama vika esiintyyne paikka paikoin, mutta käsitykseni mukaan kirjaseen kokonaisuudessaan pystyy välittämään seuran periaatteiden mukaisia näkökantoja tavalla, jonka kohderyhmät voivat omaksua. Toivon, että ATS:n kirjaseen "Energiahuolto ja ydinenergia" auttaa yhteiskuntaamme ymmärtämään ydinenergian merkityksen ja aseman sekä koko maailman että erityisesti oman maamme energiahuollon ongelmien ratkaisemisessa.

Olli J A Tiainen



EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY NEWSLETTER

SPECIAL HAMBURG CONFERENCE ISSUE

Conference Welcome

Professor K H Beckurts

President European Nuclear Society

ENC '79 is the second in a series of European Nuclear Conferences which started in Paris in 1975. Like Paris and the 1976 Washington ANS/ENS International Conference, it is jointly sponsored by the European Nuclear Society (ENS) and the American Nuclear Society (ANS). This joint sponsorship is another important step in the close collaboration of our two large organisations, representing together more than 20,000 nuclear scientists and engineers. The conference is held in close connection with FORATOM, leading to additional possibilities for information and the exchange of ideas.

The technical programme of ENC '79 comprises 400 papers and offers a nearly complete survey of all the latest developments in nuclear technology. Major efforts have been made to deal with topics of special current interest like The Nuclear Fuel Cycle, Technology Transfer, Safeguards, Energy Strategies, and Licensing. There will be additional opportunities to deal with controversial items during several panel discussions, and special attention will be devoted to the Harrisburg event.

The Hamburg Conference takes place at a crucial moment; the Harrisburg event has caused great public concern. Although the situation is now under control, and no significant environmental effects have been observed, it has seriously damaged public confidence in nuclear safety. Other questions, especially waste disposal and the social implications of nuclear power, continue to be major issues in some countries, and the world-wide discussion about proliferation, technology transfer and the nuclear fuel cycle has added another dimension. As a result of all this, many nuclear power programmes are being delayed; nuclear industry and the whole nuclear option are seriously jeopardized in many countries. On the other hand, recent political events in the Middle East have demonstrated the extreme fragility of the world's oil supply. New political disturbances might lead almost immediately into a serious world energy crisis with catastrophic consequences, in particular for Western Europe.

But even if the oil markets remain open, we know from the recent work of the World Energy Conference's Conservation Commission, among

others, that a major imbalance between world energy demand and supply will occur still during this century. Energy conservation and the development of new energy sources are of vital importance for the future of mankind.

Nuclear Power has probably never been more important as an option for the world than it is now! It is unlikely that this paradoxical situation will change in the near future. But I hope that discussions at this Conference may contribute towards a better understanding of some of these issues within the nuclear community and the general public. I welcome all participants and I hope your stay in Hamburg will be successful!

K H Beckurts

International News

Hamburg ENC. This issue precedes the 1979 Hamburg International Conference, co-sponsored by the European Nuclear Society and the American Nuclear Society. Whilst it is true that many nations are not only attending the conference but have taken part in its organisation, a special word is due to the German Nuclear Society (KTG) in praise of the effort that they have put into this very significant task.

Attendance at the Conference is expected to be well up to the highly successful Paris Conference of 1975. It is of course being held in conjunction with the Foratom meeting. There is every expectation of good weather to mark the spring season and we wish all our members, those who are delegates and those who are organisers, a pleasant and profitable meeting. Such a meeting of course is a significant indicator of the role of the European Nuclear Society.

Dr Sigvard Eklund, Director General of the IAEA, has been appointed an Honorary Vice President of the Institution of Nuclear Engineers.

Sir John Hill, Chairman UKAEA, is to be honoured at a Forum Lunch during the Hamburg Meeting.

In an exchange of letters between Presidents, Professor Beckurts (acting on behalf of the European Nuclear Society) welcomed the formation of a protocol of co-operation with the Argentine Association for Nuclear Technology (AATN). This will lead to an exchange of information and advice.

The Asociacion Argentina de Tecnologia Nuclear was founded nearly seven years ago to work for the advancement of nuclear science and technology in Argentina, to unite Argentinian nuclear scientists and to provide a forum for enterprises dealing with the nuclear energy industry in that country. Leading officers of the AATN include the current President, Dr Jaime Pahissa Campa, and Secretary, Luis Carlos Ayala. The Society's address is: AATN, Av Roque Saenz Pena 628 Piso 1, 1035 Euenos Aires Argentina.

The Society has 300 individual members working in the national commission or private firms and universities in the country. The Society conducts an Annual Scientific Meeting. The last, in 1977, was held in San Raphael where more than 100 papers were presented.

The European Nuclear Society has arranged to forward copies of the ENS Newsletter to AATN and to provide links with our own Committees to foster exchanges.

In a parallel move, the newly formed Centro Atomico Bariloche, Argentina, is seeking to appoint up to three temporary staff on IAEA based contracts, to develop the teaching of nuclear engineering. These posts are for a twelve month period commencing July 1979 and further details can be obtained from the Institution of Nuclear Engineers, UK. Experienced teachers are sought (instruction is in either english or spanish) in the fields of nuclear engineering with reference to (1) Reactor Theory and Analysis, (2) Thermodynamics and Reactor Thermal Theory and (3) Nuclear Materials and Fuel Elements.

Bariloche is an attractive tourist area with winter sports and summer fishing in the beautiful forest. Accommodation for single persons or families is readily available and the centre is a new element in the well established Balseiro Institute.

The OECD took the initiative in March of organising a symposium on waste management at nuclear power plants. The increasing emphasis on storage of exposed fuel together with the desire to reduce operator exposure, makes the consideration of on-site methods timely. The symposium held at Zurich 2-30 March was well attended by participants from more than 25 countries. The proceedings will be published in due course by the OECD.

National News

The Italian Nuclear Society has been active in co-operation with the Italian Nuclear Forum in the organisation of the Twenty Fourth Nuclear Congress in Rome, 15-16 March. Theme of the Congress this year was the role of small and middle sized business in the Nuclear Energy Supply Industry.

The nuclear scene in France is a rewarding study. France has an ambitious nuclear programmes currently extant, building PWRs under an original US licence but with modifications that now make the design essentially national. At the same time, her Fast Reactor programme, with the construction of Superphenix, has outstripped other countries not so much by its own acceleration, as on account of the lack of determination in other countries to proceed with their original programmes.

A major reason for the French programme is her lack of indigenous oil supplies and a very proper reluctance to be at the mercy of economic or national forces in the oil market. The programme however is expensive and it is to be supposed that the construction of special manufacturing and processing facilities was justified in large part by the export opportunities available to France.

Originally, these hopes seemed fully justified. France secured a good share of the Iranian nuclear contracts and a further two-station order in Iraq. But the Iranian contracts are suspended indefinitely, and it is not known how much money may have been lost in regard to payments on account. The Iraq contract has received a set back of another sort from a successful sabotage of the two reactor vessels due to be shipped to Iraq. Other difficulties have arisen from the US effort to limit proliferation and their opposition to contract work in both South Korea and Pakistan.

We may hope that these overseas setbacks are not sufficient to deflect the admirably consistent course (which can be compared with the dedication of Canada to the Heavy Water system) followed by the French after their choice of a Light water reactor system.

US Reactor Accident

An accident at the Three Mile Island plant, Harrisburg, Pennsylvania, March 28 1979, causes concern over the operation of the cooling system (both normal, emergency and manual operation) since detectable though not dangerous releases of radioactivity have been reported. A full account is awaited with interest after the investigation now in hand.

The two Three Mile Island plants are pressurised water reactors supplied by Babcock and Wilcox of 792 and 880 Mwe rating respectively. The first was commissioned in 1974 and the second more recently, at the end of 1978.

If one may be allowed to adapt the phrase of John Donne, 'no nation is a nuclear island' and there are likely to be wide consequences of this accident in terms of national and commercial programmes. We might reflect therefore on the important role of knowledgeable and independent professional institutions and learned societies in establishing a forum in which such problems can be discussed with adequate disinterestedness and it is to be hoped that the Hamburg meeting will provide this opportunity.

HIGHLIGHTS OF THE CONFERENCE PROGRAMME

The following report is provided by Dr K G Bauer concerning both the European Nuclear Conference (ENC '79) from 6-11 May, and the Foratom VII from 6-9 May in Hamburg, Federal Republic Germany.

International cooperation in nuclear energy has become a major issue. In this regard, international conferences like the ENC, sponsored by the European Nuclear Society and the American Nuclear Society, simultaneous with the Foratom VII Congress, sponsored by the European Atomic Fora, are of utmost importance.

ENC '79 and Foratom VII are both jointly organised by Kerntechnische Gesellschaft (e.V.), and by Deutsches Atomforum (e.V.). The program of both conferences is fully harmonised. It focuses on the achievements and goals of nuclear energy in Europe and the world, particularly regarding reactor design trends, operating experience and the nuclear fuel cycle.

Altogether, more than 400 reports will be presented. To avoid overlapping of a session with identical or similar topics, a special program structure has been designed. On Monday, Tuesday and Wednesday, the program will start in the forenoon with joint plenary sessions of ENC '79 and Foratom VII with topics of general interest. In the afternoon, the program is continued by parallel plenary sessions of the two conferences. Thursday is fully reserved for contributed sessions.

Two events take into account matters of special current interest. The Wednesday forenoon program has been changed to give an account of the Harrisburg event while on Thursday afternoon, a special 'poster session' will focus on so-called 'hot news'.

In structuring this complex program, we have attempted to avoid disharmony, well aware that we might on occasion miss our aim. We hope participants will sympathize with the organisers in this nearly impossible task. Nevertheless, we hope that the Congress should be in

every respect a highlight of the year, something for which the participants look forward to well in advance and remember long after it is over. The range of technical and social events together with the location in Hamburg, should contribute to this.

The Executive Office ENC '79 wishes all participants a pleasant and successful stay in Hamburg.

PUBLICATIONS OF INTEREST

Robert Jungk, The Nuclear State. Translated into english 1979. This attack on nuclear power concentrates on the supposed restrictive and fascist state that the author presumes to emerge if nuclear power is adopted. The original sold well in Austria and the author is now promoting the translation world wide.

Energy Perspective: An Advocate's Guide, Milton R Copulos (editor), Heritage Foundation (\$6.95). This is a compilation of works by well known advocates of nuclear power.

'Overload', by Arthur Hailey, Michael Collins, 1979. This novel takes as its theme the consequences of a failure in the country's electricity supply as the US energy gap widens.

Design, Constuction and Operating Experience of Demonstration LMFBRs, IAEA, Vienna, 1979. \$74

NUCLEAR TECHNOLOGY

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.

During the Hamburg Conference, Nuclear Technology will hold a reception for potential authors. etc. on 8 May. in the late afternoon.

ENS NEWS

FORMULA FOR RATIONAL STANDARD NAMING OF NUCLEAR PLANTS/VEHICLES

by Reino Ekholm
 Studsvik, Energiteknik AB, Sweden

UNIT/CONTRACTOR-DESIGNER/OWNER	REACTOR TYPE					TOTAL POWER (W)	USEFUL POWER OUT (W)
	1	2	3	4	5	FISSION/FUSION/...	ELECTR./PROCESS HEAT/PROPULSION/...
<u>PHYSICS</u>	<u>COOLANT</u>	<u>MODERATOR</u>	<u>DESIGN</u>	<u>PURPOSE</u>	<u>CONVERSION</u>		
<u>SPECTRUM</u>	A ARGON	Be BERYLLIUM	<u>CORE</u>	<u>DEVELOPMENT</u>	GT GAS TURBINE		
F FAST	C CO ₂	BeO Be-OXIDE	Cx x-CARBIDE	d DEMONSTRATION	L LASER		
M MIXED	D D ₂ O	D D ₂ O	Cm CERMET	p PROTOTYPE	MHD		
SS SPECTRAL SHIFT	Do SUPERCRIT.D	G GRAPHITE	Cp COATED PARTICLE	r RESEARCH	Pst PISTON ENG.		
Tm THERMALISED	Df D FOG	O ORGANIC	F1 FLUIDIZED BED	x EXPERIMENTAL	ST STEAM TURB.		
<u>CORE</u>	Ca GRAPHITE SUSPENSION	W H ₂ O	Me METALLIC	<u>APPLICATION</u>	TI THERMO IONIC		
Ho HOMOGENEOUS	H HYDROGEN	ZrH ZIRCONIUM HYDRIDE	Ox OXIDE FUEL	B BREEDER	TE THERMO ELECTRIC		
SB SEED AND BLANKET	He HELIUM		Pa PASTE FUEL	D DESALTING			
<u>NON-NUCLEAR</u>	LIF (MOLTEN SALT)		Sf PEBBLE BED	F FUSION			
B BOILING	N NITROGEN		Su SUSPENSION	H HEAT			
P PRESSURIZED & INDIRECT CYCLE	Na SODIUM		U NATURAL U	I IRRADIATION			
S SUPERHEAT (NUCLEAR)	No AIR		UFx U-FLUORIDE	P PROPULSION			
	O ORGANIC		<u>OTHER</u>	R POWER (EL)			
			I INTEGRAL	S SUBCRITICAL			
			L ON-LOAD FUELING	Sp SPALLATION			
			T PRESS. TUBE				

EXPLANATIONS

USE THE ABOVE SYMBOLS FOR THE FEATURES TO BE EMPHASIZED. SYMBOLS FROM ALL COLUMNS/SUB-COLUMNS IS NOT MANDATORY. INCLUDE HOWEVER ALWAYS A SYMBOL FROM "PURPOSE". STARTING FROM THE LEFT, GO FIRST DOWN A COLUMN BEFORE PROCEEDING TO THE NEXT. IF TWO OR MORE SYMBOLS ARE TO BE USED FROM THE SAME COLUMN THEY SHOULD BE SEPARATE BY A "/" IF THEY OTHERWISE WOULD CAUSE AMBIGUITIES. A FUSION REACTOR GENERATING PROCESS HEAT MUST THEREFORE BE NAMED F/H, (FH STANDS FOR A FAST HEAT REACTOR). R Ekholm 1979

A self-explanatory, simple and easy to use formula for rational naming of nuclear reactor plants or vehicles is proposed for international, standard use, as given in the above chart. The formula is based to a large extent on previous practice of power plant naming, but excludes the inconsistencies that the existing anarchy in this matter has brought about. It provides briefer notation. Yet more detailed explicit descriptions, to the extent one may want in a specific content, can be derived from these. This flexibility of application provides also for future developments that can be added and accommodated into the formula. The formula would rationalize descriptions of reactors in books, tables, papers and presentations excluding misunderstandings. It may be of great help in the modern trends of dataization of information.

The second diagram shows the main stream of reactor development, presented here as an example of the use of the formula. The notations that seem most generally suitable for the different reactor concepts are used in the chart. Old abbreviations are added for comparison and clarity. For example, talking of the old Magnox reactor, one may use R, CR, CGR, CGUR, CGR-ST and so forth, but CGUR might be the most suitable notation to replace the term Magnox.

The well known so-called 'High Temperature Gas-Cooled Reactor', in Denver, could in a reactor table as an example, be presented as:
 FORT ST VRAIN / GAC / PUBLIC SERVICE CO, COLORADO - HeGR - 842MW/330MWe - ST

ENS NEWS

1980

FEBRUARY

26 - 28

Third International Conference on Nondestructive Evaluation in the Nuclear Industry, Salt Lake City (ANS)**

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

13 - 15

International Conference on Post-irradiation examination, British Nuclear Energy Society, to be held in the Lake District. **

14 - 17

Fourth International conference on Nuclear Methods in Environmental and Energy Research, Climbia, Missouri, USA (ANS) **

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

2 - 3

Radioecology Conference, Bonn (Secretary: Deutsches Atomforum e.V., D-5300 Bonn-Heusallee 10, FR Germany **

22 - 26

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

NOVEMBER

16 - 21

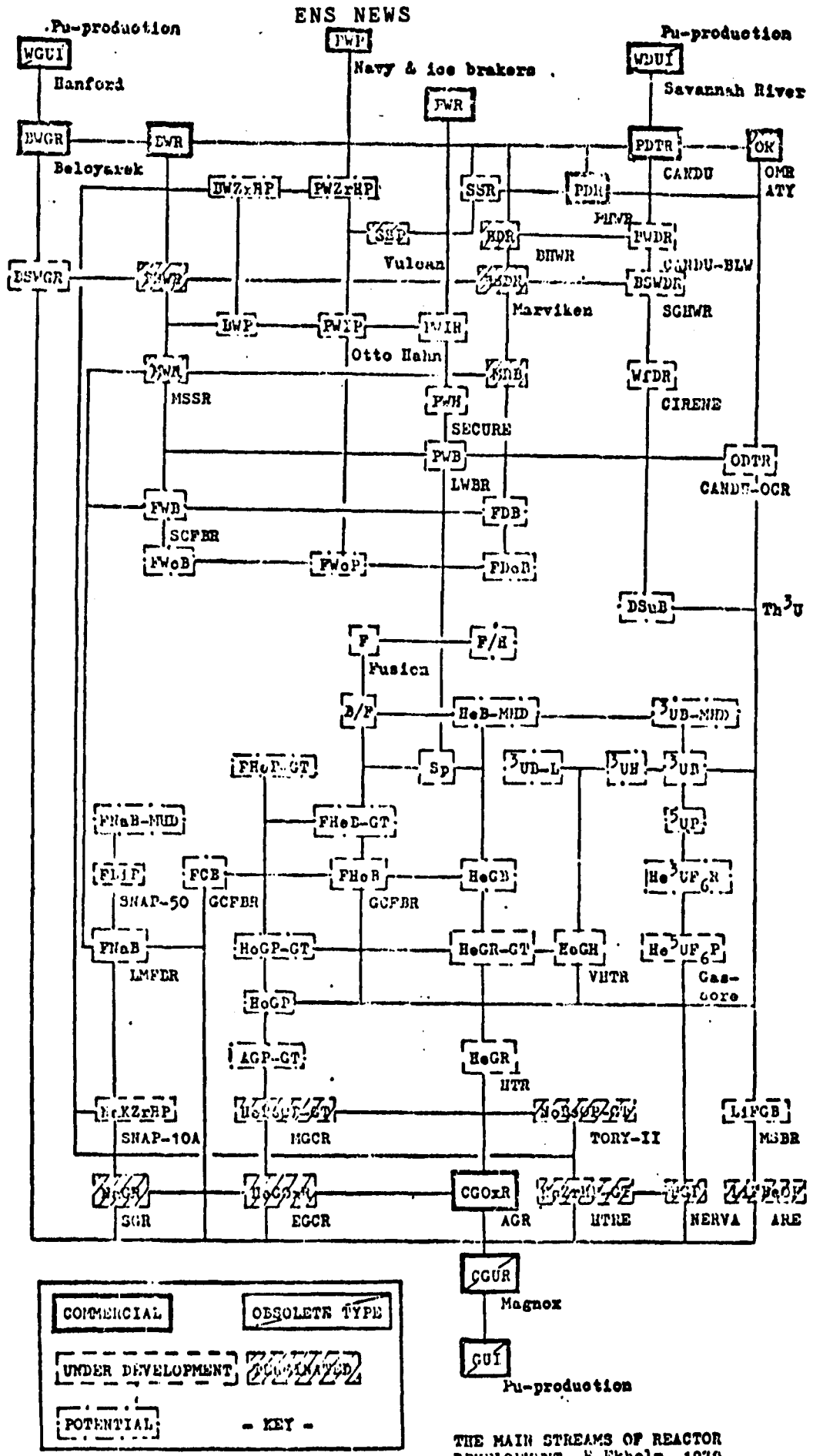
American Nuclear Society and Atomic Industrial Forum, Washington DC, USA.

1981

APRIL

27 - 29

ANS/ENS International Topical Meeting; Advances in Mathematical Methods for Nuclear Engineering Problems, Munich, Germany. This meeting is to be organised by the Kerntechnische Gesellschaft under the General Chairmanship of Herr M Werner. Details and calls for papers will be announced in due course.



Reference: A Formula for Rational Naming of Nuclear Power Plants, J Inst Nuclear Engrs, 19 (3) 1978.

ENS NEWS

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

- MAY**
- 31 Belgian Section ANS Seventh Annual Meeting; Nuclear Multiplant Sites - Experience and Prospects **
- 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.
- 9 - 13 Fourth International System Safety Conference, San Francisco (ANS co-sponsor) **
- 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 Technology. The deadline Call for Papers has now passed and the response promises a successful meeting.
- 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 ENES.
- Reactor Dosimetry Meeting, CNEN-CSN, Italy, I-0060
- NOVEMBER**
- 11 - 15 American Nuclear Society Winter Meeting, San Francisco, USA.
- DECEMBER**
- 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).

EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY

COMMITTEE MEMBERSHIP

15 March 1979

Chairmen

Links to Board

ANS: Belgium

Central Europe

France

Italy

BNES (UK)

Finnish N S

Hellenic N S

I Nuc E (UK)

Italian N S

KTG (DatF)

Netherlands N S

S F E N (France)

Spanish N S

Swedish N S

Swiss N S

co-opted

Board	Steering	Finance	Planning	Programme	Publication	Information Committee
KH Beckurts	KH Beckurts	J Couture	G Brown	D Bunemann	G Botta	B Pellaud
A Colomb	A Colomb	CPL Zaleski	J Lewins	KH Beckurts	C Salvetti	A Colomb
	G Tavernier	R de Cort	W Vinck	A Fesler	M Fossoul	F Dierkens
	M Dalle Donner	R Fröhlich	RI Ekholm	W Rudloff	V Heinzl	WH Koehler
	M Rozenholc	P Lafore	A Ertaud	A Ertaud	PA Toureau	PA Toureau
	C Rossi	P Bullio				G Botta
	PHW Wolff	PRP Bell	G Brown	J Board	J Board	F Chadwick
	P Hiismaki					J Laaksonen
	NG Chrysochoides		J Kollas	C Markopoulos	C Apostolakis	C Constantinides
J Lewins	J Lewins	MI Ahmed	Ilchester	A Dootson	K Simms	PR Smith
C Salvetti	C Salvetti	CC Bertoni	M Cavaggioni	G Basso	P Fiorentini	G Botta
	HW Levi	D Kuhnt	T Roser	D Bunemann	WD Muller	E Munch
	Van Erpers Royaards	P Brand	GA de Boer	H van Dam	H van Dam	J Coehoorn
CPL Zaleski	CPL Zaleski	MP Boulinier	M Gauzit	G Denielou	F Sorin	MJ Gaussens
	M Perelló	A Llorente	M Barandiarán	M Barandiarán	A Martin	F Albisu
	PE Blomberg	G Vieider	G Vieider	P E Blomberg	G Vieider	B Kumlin
	P Tempus	H Albers	J Rognon	B Pellaud	H Winkler	B Pellaud
				G Delcoigne (IAEA)	J Lewins Newsletter	G Delcoigne (IAEA) W Rudloff (ENS-ANS) B Adkins (OECD)

ENS NEWS

SÄHKÖLAKI

Seppo Partanen

Maaliskuun 16 päivänä 1979 vahvistettiin sähkölaki, jolla kumottiin vuodelta 1928 peräisin oleva sähkölaitoslaki. Uusi sähkölaki tulee voimaan vuoden 1980 alusta lukien.

Vanhassa sähkölaitoslaissa oli käsitteelle sähkölaitos annettu varsin laaja, lähinnä esineellinen merkitys. Vakiintuneessa kielenkäytössä sähkölaitos sitävastoin tarkoittaa yritystä tai organisaatiota, joka harjoittaa määrättyä sähköhuollon piiriin kuuluvaa toimintaa. Uudessa sähkölaissa onkin sähkölaitokseksi määritelty yritys tai laitos, joka tuottaa tai siirtää sähköä taikka toimittaa sitä muuhun kuin omaan käyttöönsä. Sähkölaissa on myös määritelty mitä tarkoitetaan sähkölaitteella, sähkölaitteistolla, voimalaitoksilla, sähköhuollolla ja sähkövahingolla.

Vanha sähkölaitoslaki antoi valtiovallalle ja kunnille vain vähäiset mahdollisuudet kehittää sähköhuollon valtakunnallisia ja alueellisia organisaatioita. Nyt on sekä valtakunnallinen että alueellinen suunnittelu saatettu lakisääteiseksi.

Valtakunnallisen sähköhuollon turvaamiseksi ja kehittämiseksi laaditaan koko maan alueelle yhtenäinen suunnitelma, sähköhuollon runkosuunnitelma. Runkosuunnitelman laatii sähköhuollon neuvottelukunta, jonka valtioneuvosto asettaa kolmeksi vuodeksi kerrallaan. Neuvottelukunta voi tehdä myös sähköhuoltoon liittyviä aloitteita ja esityksiä ja toimii muutoinkin Kauppa- ja teollisuusministeriön apuna alaan liittyvissä asioissa. Runkosuunnitelman hyväksyy valtioneuvosto.

Alueellisen sähköhuollon turvaamiseksi ja kehittämiseksi jaetaan maa yhteistoiminta-alueisiin. Kauppa- ja teollisuusministeriö hyväksyy jokaiselle yhteistoiminta-alueelle (yhtenäisen) sähköhuollon aluesuunnitelman, joka sisältää yhtenäisen suunnitelman sähkön hankinnasta, siirrosta ja jakelualueista. Yhteistoiminta-alueella sähköä yleiseen käyttöön toimittavien sähkölaitosten, sähkön tukkumyyjien ja sähköntuottajien tulee perustaa sähköhuollon aluetoimikunta. Aluetoimikunta laatii em. aluesuunnitelman sekä tekee alueen sähköhuoltoon liittyviä muita aloitteita ja esityksiä.

Sähkölaitostoiminta sekä tärkeimpien voimalaitosten ja sähkön-siirtolaitteistojen rakentaminen on saatettu luvanvaraiseksi. Ydinvoimalaitoksen rakentamiseen on saatava aina valtioneuvoston lupa. Lupa voi valtioneuvosto liittää tarpeelliseksi katsomiaan ehtoja. Ennen rakentamisen aloittamista on hakijan lisäksi saatava atomienergiolaissa säädetty lupa. Muun voimalaitoksen kuin ydinvoimalaitoksen, samoin kuin sähkönsiirtolaitteiston ja sähkölaitoksen yli 1000 V jakelulaitteiston rakentamiseen on pääsääntöisesti saatava ministeriön lupa. Sähkölaitoslupa on voimassa 15...40 vuotta.

Sähkölain turvallisuutta koskevat säännökset noudattavat suurimaksi osaksi voimassa olevien säädöksiä periaatteita. Valvonnasta ja tarkastuksesta huolehtii Kauppa- ja teollisuusministeriön alaisuudessa Sähkötarkastuskeskus -niminen julkisoikeudellinen yhdistys, joka jatkaa nykyisen Sähkötarkastuslaitoksen toimintaa. Sähköä välittömästi yleiseen käyttöön toimittavan sähkölaitoksen on sähkölain mukaan huolehdittava sen jakeluverkostoon liitettävien sähkölaitteistojen käyttöönottotarkastuksista asetuksella myöhemmin säädettävällä tavalla.

Sähkölaki sisältää suhteellisen tarkat säännökset sähkövahingon korvaamisesta. Sähkövahingon on pääsäännön mukaan velvollisen korvaamaan tuottamuksesta riippumatta vahinkoa aiheuttaneen sähkölaitteen tai laitteiston haltija. Tämän korvausvastuun ulkopuolelle jää sähkövahingon toiselle sähkölaitteelle tai laitteistolle, jonka nimellisjännite on yli 400 V, aiheuttama vaurio samoinkuin sähkövahinko, jonka on aiheuttanut kiinteistön sisäiseen sähköhuoltoon kuuluva laite, jonka nimellisjännite on enintään 400 V.

Sähkönkäyttäjien tasapuolisen kohtelun turvaamiseksi sähkölaitosten on uuden lain mukaan noudatettava Kauppa- ja teollisuusministeriön hyväksymiä sähköntoimitusehtoja. Sähkölaitoksille asetetaan laissa myös sähköntoimitusvelvollisuus poikkeuksellisia tai vaikeita olosuhteita lukuunottamatta.

Sähkölaki astuu voimaan 1.1.1980 ja sen tosiasialliset vaikutukset sähkölaitoksiin samoinkuin yksittäiseen kuluttajaan tulevat suuresti riippumaan siitä, minkälaisen muodon odotettu sähköasetus tulee saamaan.

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
INDUSTRINS KRAFT AB

TVO I - TILANNE OLKILUODOSSA

Teollisuuden Voima Oy:n ensimmäinen ydinvoimalaitosyksikkö TVO I oli toukokuun loppuun mennessä tuottanut sähköä yhteensä 1 531 385 MWh. Edelleen koekäyttövaiheessa olevan laitoksen keskimääräinen käyttökerroin on ollut 60 %. Korkeimmaksi käyttökerroin muodostui maaliskuussa, jolloin se oli 91 %.

Ensimmäisen kerran laitos nostettiin täyteen 100 % tehoon tammikuun 8. päivänä. Maaliskuun loppupuolella Säteilyturvallisuuslaitos antoi TVO I:lle luvan jatkuvaan täyden tehon tuotantokäyttöön.

ASEA-ATOMin ja Teollisuuden Voima Oy:n yhteistoimin suorittama laitoksen koekäyttöohjelma on reaktorijärjestelmiin liittyviltä osin edennyt moitteettomasti.

Generaattorissa esiintyneiden vikojen johdosta on koekäyttötoiminta häiriintynyt jossain määrin. Kevään aikana on Västeråsissa valmistumassa olevan TVO II -laitoksen roottorissa tehty eräitä konstruktiomuutoksia. Tämä, alunpitäen TVO II:lle tarkoitettu roottori tullaan vaihtamaan TVO I:lle heinäkuussa ja toiselle laitosyksikölle asennetaan toinen roottori. Ensimmäisen laitosyksikön roottori tullaan korjaamaan siten, että se tulee aikanaan molempien laitosten vararoottoriksi. Alunpitäen on näille kahdelle laitokselle hankittu kolme roottoria.

Barsebäckissä tapahtuneen generaattorivaurion vuoksi päätti ASEA-ATOM ja generaattorin valmistaja ASEA tarkistaa Olkiluodossa vastaavat, onnettomuuden aiheuttaneet päätykapselit. Laitospaikalla tapahtuneessa tarkastuksessa ei tavattu mitään poikkeavaa. Varmistaakseen tuloksen tehtiin Västeråsissa uusi tarkastus, jota varten laitos pysäytettiin 13.5. Seisokki kesti aina kesäkuun puoliväliin asti ja sähköntuotanto aloitettiin viikon 25 alkupuolella.

TVO II:N ASENNUSKOKEMUKSIA

TVO II:n asennusten edistyminen ja valmistuminen samoin kuin laitoksen asteettainen käyttöönotto on tapahtunut enimmäkseen vailla julkista huomiota, ikäänkuin puolisalaa. Hyvin suurena tekijänä tähän on ollut TVO I- ja TVO II-laitosten aikataulujen päällekkäisyys, töiden välinen pieni aikaero. Alun alkaen 24 kk:n suuruinen vaihesiirto laitosten käyttöönotossa on supistunut lähes vuoteen. Kun TVO I:llä on jatkuvasti ollut raportoitavia ja yleisöä kiinnostavia tapahtumia, ei samanaikaisesti TVO II:lla saavutettavat ja jo aikaisemmin TVO I:llä eletyt vaiheet ole herättäneet kiinnostusta. Kun TVO II ei myöskään ole kokenut muita poikkeuksellisia tapahtumia, on laitoksen uutisarvo ollut vähäinen.

Töitä TVO II:lla on läpikotaisin leimannut sujuvuus ja helppous. Lukuunottamatta rakennusurakkaa, jonka TVO I:stä poiketen TVO urakoi itse, on TVO II piirustusidenttinen ja samojen laitetoimitajien ja asentajien tekemä TVO I:n kanssa. Näin suuressa rakennuskohteessa tulevat erityisen hyvin esille ne edut, jotka aiheutuvat tämän työn toistamiseen tekemisestä. TVO I:een verrattuna on lisäetuna lisäksi ollut monien rakentamista pahoin häirinneiden esteiden puuttuminen. Erityisesti on näistä mainittava TVO I:stä viivästyttäneet vaikeat lakot, suojarakennuksen tulipalo sekä yhteen betonivaluun liittyneet selvitys- ja valmistustyöt.

TVO II onkin valmistauduttaessa syksyllä 1979 tapahtuvaan polttoaineen lataukseen selvästi valmiimpi kuin sisarlaitoksensa vastaavana ajankohtana. Lukuunottamatta turbiinilaitoksen putkistotöitä ovat asennukset yleensä valmistuneet joko selvästi ennakoitua nopeammin tai sallien resurssien ennakoitua vähäisemmän käytön. Mikäli viimeiset, lähinnä turbogeneraattoriin liittyvät asennustyöt eivät tuo yllätyksiä tullessaan, tulee TVO II olemaan yksi niistä harvoista laitoksista, jotka valmistuvat aikataulun mukaisesti ellei suorastaan etuajassa.

TVO I:n asennustöiden alkaessa oli sekä laitteissa että asennustyön laadussa paljon huomautettavaa. Osan puutteellisuuksista laitostoimittaja korjasi oma-aloitteisesti, mutta varsin suuri osa johti pitkällisiin ja vaikeisiin neuvotteluihin. Tämä näkyi jossain määrin sekä laadussa että käytetyssä ajassa. TVO II:lla voitiin alusta alkaen noudattaa tilaajaa tyydyttäviä työtapoja, joista oli yhteisesti sovittu. Yhdessä työvaiheiden toistumisen kanssa on tämä seikka johtanut selvästi parempaan laatuun. Mekaanisten laiteasennusten puolella tämä on näkynyt erityisen hyvin putkistoasennusten röntgentarkastuksissa. TVO II:n reaktorilaitoksella on röntgentarkastusten perusteella hylättyjen saumojen määrä ollut 1,3 % vastaavan luvun TVO I:llä ollessa 4,4 %. Vertailuna voidaan todeta arvon 4 % edustavan vastaavanlaatuisten putkistoasennusten keskiarvoa. Röntgen- ja ultraäänitarkastuksia ei myöskään ole haitannut hitsien geometriset virheet, vaan saumat ovat olleet ulkoasultaan hyviä.

Sähköasennusten laadun parantumiseen on oleellisesti vaikuttanut puhtaus, joka on ollut asennustiloissa vallitsevana. Kun työt on voitu suorittaa rakennusteknisesti valmiissa tiloissa, on myös työjärjestys saatu järkevämmäksi kuin TVO I:llä, mikä seikka on pienentänyt tarvittavien asentajien määrää. Sähkötyöt TVO I:llä johtivat varsin mittaviin puute- ja rästilistoihin; vielä ennen primääripiirin esinukleaarista kuumakäyttöä oli puutteita noin 6000...7000. Vastaava luku TVO II:lla noin kuukausi ennen kuumakäytön alkua oli 1500.

Myös instrumentointiasennuksiin pätevät edellä yleisesti todetut seikat. Kun TVO I:llä työt laahasivat selvästi aikataulujen jäljessä, on TVO II:lla pysytty hyvin aikataulussa. Paitsi jo edellä todetut rakennustekniset ja organisatoriset edut vaikuttivat työn kulkuun myös materiaalityöimittusten oikea ajoitus ja piirustusaineiston paikkansapitävyys samoin kuin parempi työn tuottavuus/asentaja. Huolimatta laadullisesta paremmuudesta, olivat todelliset asennusajat sähkö- ja instrumenttipuolella 8...12 kk lyhyemmät TVO II:lla TVO I:een verrattuna!

Varsinkin paineastioihin ja muihin painetta kantaviin rakenteisiin liittyvät viranomaistarkastukset teettivät suuren työn TVO I:llä. Vaikka niiden johdosta asennustyöt eivät varsinaisesti viivästyneetkään, ruuhkaantuivat tarkastukset pahasti koekäyttöjen edelle. TVO II:lla asennustöiden hyvä edistymisen mahdollisti viranomais-tarkastuksien ajoittamisen tasaisesti koko asennuskaudelle. Kun TVO I:llä jouduttiin ruuhkaantuneiden tarkastusten vuoksi loppuvaiheessa tarkastusorganisaatioita voimakkaasti kasvattamaan, on TVO II:lla päinvastoin tapahtunut tarkastajamäärän asteettaista pienentämistä projektin loppuvaihetta kohti.

Edellä on useaan otteeseen viitattu asennusten laadun paranemiseen TVO II:lla. Lopullisesti sen tietysti tulee osoittamaan laitoksen käyttö ja siinä esiintyvät häiriöt ja viat. Asennusvalvontaan osallistuneilla on kuitenkin kaikki syy odottaa TVO II:sta laitosta, jonka käyttökerroin tulee olemaan hyvä, mikäli se on onnistuneista asennuksista kiinni.

LO2-projekti

H Malinen/HH

1.6.1979

LOVIISA 2:N TILANNE

Pääkiertopiirin painekoe ja huuhtelu, ns. "cold-hydro"-koe saatiin kokonaisuudessaan suoritetuksi ennen joulua 1978. Tämän jälkeen vielä vuoden 1978 lopulla siirryttiin ns. ensimmäiseen revisioon, jonka aikana reaktori, sisäosat ja ylälohko mukanaolukien, viimeisteltiin lopulliseen kuntoonsa suorittamalla erilaisia sovituksia sekä koenostoja ja koordinaatteihin ajoja. Tämä edellytti myös sitä, että helmi- maaliskuun vaihteessa siirryttiin reaktorirakennuksen päätasolla valvottuihin puhdasolosuhteisiin.

Turpiinilaitoksen puolella saatiin toinen turbogeneraattori apujärjestelmineen valmiiksi ja koeajo Loviisa 1:n höyryä käyttäen suoritettiin 4 - 8.2.1979. Ensimmäiselle turbogeneraattorillehan vastaava koeajo oli tehty jo viime vuoden puolella. Turbiinilaitos onkin nyt "säilötty" odottamaan koko voimalaitoksen käynnistämistä oman reaktorilaitoksen höyryllä.

Loviisa 2:n alkulataukseen tarvittava polttoaine toimitettiin laitokselle vuoden 1978 lopulla ja viimeisenä toimituksena SNTL:n tehtailta saatiin maaliskuussa laitoksen sisäisten käytetyn polttoaineen kuljetusten kontti.

Mekaaniset asennustyöt laitoksella tulivat pääosin suoritetuiksi "cold-hydro" -kokeeseen mennessä ja 1. revision aikana viimeisteltiin enää pienehköjä kohteita. Eristystyöt saatiin myös valmiiksi 1. revision aikana, samoin sähkö- ja instrumenttiasennukset. Rakennusteknisten töiden puolella on talven aikana tehty pääasiassa maalaustöitä; viimeinen suurehko betonointikohde, reaktorirakennuksen ulkoseinän asennusaukko, betonoitiin helmikuussa.

9.4.1979 saatiin 1. revision työt päätökseen ja reaktori kuuma-koevalmiuteen. Samana päivänä aloitettiin itse kuumakoe, jonka aikana suurin osa laitoksesta koestettiin normaaleilla käyttöarvoilla. Kuumakoeohjelmaan sisältyi myös 191 barin painekoe, joka saatiin suoritetuksi heti pääsiäisen jälkeen 17.4.1979. Kuumakokeen päätyttyä toukokuun puolivälissä aloitettiin ns. 2. revisio, jonka aikana reaktori puretaan ja tarkastetaan ja koko laitos valmistellaan lopulliseen kuntoonsa. Toisen revision lopussa reaktori jälleen kootaan ja sen jälkeen aloitetaan ydinpolttoaineen lataus.

Työmaan vahvuus toukokuussa 1979 oli noin 750, joista noin puolet oli neuvostoliittolaisia.

RAPORTTI THREE MILE ISLAND 2 -YDINVOIMALAITOKSELLA
SATTUNEESTA ONNETTOMUUDESTA

TMI-2 laitoksen rakenteesta

TMI-2 laitos on Babcock & Wilcox-yhtiön toimittama painevesi-reaktorilaitos. TMI-2 laitoksen tärkeimmät prosessit on pääpiirteissään esitetty kuvissa 1...7.

Kuvassa 8 on annettu prosesseista muutamia numerotietoja, jotka ovat mielenkiintoisia tapahtunutta onnettomuutta ajatellen. Samassa kuvassa on vertailun vuoksi annettu vastaavat tiedot myös Loviisan laitoksesta.

Kuvassa 9 on esitetty höyrynkehitin, jonka rakenne vaikuttaa ratkaisevasti siihen, että sekundääripuolen häiriöt etenevät nopeasti primääripiiriin. Tämä on ainoa painevesireaktoreissa käytetty höyrynkehittintyyppi, jolla voidaan tuottaa tulistettua höyryä. Tulistus on n. 20°C. Höyrynkehittimen korroosio-ominaisuuksia mainostetaan paremmiksi kuin muiden länsimaissa käytettyjen tyyppien. Siinä ei tapahdu sanottavasti epäpuhtauksien saostumista eikä siinä käytetä erillistä ulospuhallusta epäpuhtauksien poistamiseksi. Höyrynkehitin pestään kemiallisesti n. neljän vuoden välein seisokin aikana.

Tapahtumaketju

NRC:n 10.4. esittämä kronologia on liitteenä. Seuraava kuvaus perustuu lähinnä tähän kronologiaan.

Onnettomuus alkoi klo 4.00 aamuyöllä, jolloin turpiinilaitoksella sattunut häiriö pysäytti höyrynkehittimille tulevan normaalin syöttövesivirtauksen. Tämän häiriön alkusyystä ei ole annettu täsmällistä tietoa, mutta se ei toisaalta ole

oleellistakaan, koska syöttöveden menetys on yleinen häiriö ja tapahtuu USA:n käyttötilastojen mukaan n. 3 kertaa vuodessa. Syöttöveden menetys aiheuttaa laitoksilla normaalisti automaattisen turpiinin pikasulun, jolloin höyryä joudutaan pienen turpiinin ohituskapasiteetin vuoksi puhaltamaan varoventtiileistä suoraan ulkoilmaan. Lisäksi häiriö pienentää höyrykehittimen rakenteesta johtuen välittömästi lämmönsiirtoa reaktorin jäähdytyspiiristä turpiinipiiriin. Tästä seuraa edelleen reaktoripiirin paineen nousu, piirin ulospuhallus- ja mahdollisesti myös varoventtiilien avautuminen sekä reaktorin pikasulku n. 10-15 sekunnin kuluttua onnettomuuden alusta. Loviisa -tyyppisellä laitoksella ei turpiinipuolen höyryä jouduttaisi syöttöveden menetyksen jälkeen välittömästi puhaltamaan ulkoilmaan, vaan ensisijainen vaihtoehto olisi puhallus turpiinin ohi suoraan lauhduttimeen. Myöskään reaktoripiirin lämmönsiirto ei välittömästi heikentyisi, koska höyrykehittimien vesipinta on runsaasti lämmönsiirtoputkien yläpuolella. Mikäli suojaustoiminnot, reaktorin nopea tehonalennus ja apusyöttövesijärjestelmän käynnistys toteutuisivat oikein, ei reaktoripiirin paine nousisi juuri lainkaan eikä sen piirin varoventtiiliä näin ollen tarvittaisi.

Tilanteen jatkuessa muuttui häiriö yllätykselliseksi sen jälkeen, kun reaktoripiirin ulospuhallusventtiili ei sulkeutunutkaan säädetyssä paineessa, vaan jäi puhaltamaan jatkuvasti. Samaan aikaan lämmönsiirto turpiinipiiriin pieneni ja loppui runsaan minuutin kuluttua kokonaan höyrykehittimien kuivuessa. Höyrykehittimet kuivuivat, koska apusyöttövettä ei saatu virheellisesti kiinni olleiden venttiilien vuoksi.

Reaktoripiirin paineen alentuessa varoventtiilipuhalluksen seurauksena ja lämpötilan pysyessä korkeana saavutettiin klo 4.06 tilanne, jossa reaktoripiirin vesi alkoi voimakkaasti höyrystyä. Tällöin siis paine oli laskenut piirin lämpötilaa vastaavaan kylläisen höyryn paineeseen. Kaksi hätäjäähdytys-

pumppua oli käynnistynyt jo klo 4.02, mutta niistä toinen oli pysäytetty kaksi ja puoli minuuttia myöhemmin pelättäessä höyrypatjan menetystä ja tätä kautta painesäädön vaikeutumista. Häätäjäähdytyspumppujen ominaiskäyrän mukaan niiden suurin nostokorkeus ylittää primaaripiirin suunnittelupaineen n. 10 %:lla.

Klo 4.08 saatiin apusyöttövesijärjestelmä toimimaan ja höyrykehittimet alkoivat täyttyä. Täyttö kestää runsaat puoli tuntia, jona aikana lämmönsiirto parani jatkuvasti. Apusyöttövesijärjestelmän viivästynyt käynnistys ei käsittääkseni vaikuttanut oleellisesti tapahtumien kulkuun. Tätä käsitystä tukee se, että Rancho Seco laitoksella 20.3.1978 sattuneessa syöttöveden menetyksessä apusyöttövesi myöhästyi toisesta syystä saman verran ja höyrystimet olivat kuivana yhtä kauan ilman vakavia seurauksia.

Klo 4.10 pysäytettiin toinenkin häätäjäähdytyspumppu, mutta se käynnistettiin n. minuutin päästä uudelleen. Häätäjäähdytystä ei kuitenkaan käsittääkseni ole käytetty täydellä teholla, koska sen täysi kapasiteetti olisi kyllä riittänyt korvaamaan vuodon.

Klo 4.15 tuli reaktoripiirin varoventtiilistä puhallettua höyryä vastaanottanut säiliö niin täyteen, että sen varolaitteena ollut ohut murtolevy särkyi ja vesi alkoi virrata reaktorirakennuksen pohjalle. Täältä pohjakaivopumput pumppasivat sitä automaattisesti apurakennukseen, koska suojarakennuksen eristys tuli vasta 9.00.

Noin klo 5.00 olivat reaktoripiirin paine ja lämpötila tasaantuneet vakioarvoihin (7l ilmakehää, 290°C). Nämä arvot viittaavat siihen, että lämpöä siirtyi normaalilla tavalla höyrykehittimissä turpiinipiiriin. Turpiinipiirissä oli normaali paine ja lämpötila. Siellä muodostunut höyry puhallettiin varoventtiileistä ulkoilmaan. Turpiinipiirin tilaa ei tosin kerrota

NRC:n tiedonannoissa, mutta muuta luontevaa selitystä on vaikea keksiä. Tässä vaiheessa oli reaktori vielä mahdollisesti täysin vahingoittumaton ja oikeiden ohjaustoimenpiteiden avulla olisi tilanne ilmeisesti voitu normalisoida siten, että laitos olisi saatu tuotantokäyttöön viimeistään muutaman päivän kuluessa. Nopea paineen alennus oli kuitenkin tapahtuma, johon ohjaajia ei ollut ennalta riittävästi koulutettu. Yleensäkin vaikuttaa siltä, että tähän mahdollisuuteen on joidenkin ydinvoimalaitosten suunnittelussa kiinnitetty liian vähän huomiota. Näin etenkin siitä syystä, että tapahtumaa ei ainakaan B & W:n toimittamalla laitoksilla voitu väittää kovin harvinaiseksi. Esim. Rasmussenin raportin lähtötiedoilla saadaan syöttöveden menetyksen ja sitä seuraavan varoventtiilin aukijuuttumisen todennäköisyydeksi n. kerran 30 käyttövuoden aikana.

Onnettomuudesta saadun opetuksen avulla voidaan nyt esittää toimenpiteet, joilla vauriot olisi voitu välttää vielä puoli-toista tuntia syöttöveden menetyksen jälkeen. Kaikkien painevesireaktoreiden turvallisuutta ajatellen on siis saatu arvokasta lisätietoa ja näin pystytään parantamaan eräitä häiriönselvitysohjeita. Reaktoripiiri olisi jäähtynyt nopeasti, jos turpiinipiirin paine olisi alennettu esim. käynnistämällä lauhduttimen jäähdytys ja avaamalla lauhduttimeen johtavat höyrylinjat. Nyt tämä tehtiin vasta illalla klo 20.00, jolloin se oli liian myöhäistä. Toinen mahdollisuus olisi ollut nostaa reaktoripiirin painetta riittävästi. Tätä ei alussa uskallettu tehdä, koska pelättiin ylipaineen mahdollisuutta. Kun painetta alettiin nostaa klo 6.20, ei se enää auttanut.

Tilanne reaktorissa alkoi kehittyä vakavaksi klo 5.40, jolloin ohjaajat pysäyttivät reaktoripiirin kiertopumput niissä esiintyneiden värähtelyjen vuoksi. Koska reaktoripiirissä oli vastoin ohjaajien käsitystä paljon höyryä, ei luonnonkierto alkanutkaan toimia tavanomaisella tavalla ja reaktorin jäähdytys huononi nopeasti. Noin kello 6.00 saavutettiin

tilanne, jossa reaktorin alaosassa oli kylmää (alle 100 °C) lähes seisovaa vettä, joka alkoi ylöspäin noustessaan kiehua ja reaktorin yläosassa se oli jo muuttunut tulistetuksi höyryksi. Tilanne jatkui samana noin 14 tunnin ajan ja tänä aikana reaktori vaurioitui pahoin yläosastaan. Polttoaine ei kuitenkaan saavuttanut sulamislämpötilaa. Ohjaajat olivat melko neuvottomia ja yrittivät välillä nostaa painetta, välillä taas laskea sitä saadakseen jälkilämmön poistojärjestelmän käyttöön. Paineen laskiessa mm. hätävesiakut tyhjenivät osittain. Ulospuhallusventtiilin kapasiteetti ei kuitenkaan riittänyt pudottamaan painetta alle 35 bar:in. Vasta ilta-päivällä klo 17.30 keksittiin oikeat toimenpiteet eli alettiin nostaa painetta ja järjestää riittävää lämmönpoistoa turpiinipiiriin. Pääkiertopumput voitiin käynnistää n. klo 20.00. Reaktoripiirin lämpötila ja paine saatiin nopeasti hallintaan lukuunottamatta eräitä kohtia reaktorissa, jotka olivat ilmeisen pahoin vaurioituneet ja joihin jäähdytysvesi ei pääsyt tehokkaasti vaikuttamaan. Kuvassa 10 on esitetty suurimman reaktorista mitatun lämpötilan muuttuminen ajan funktiona.

Oman lukunsa muodosti kuuluisa kaasukupla, joka syntyi ilmeisesti pääasiassa metallivesireaktiosta 16 ensimmäisen tunnin kuluessa, mutta jonka olemassaolo todettiin vasta runsas vuorokausi onnettomuuden alkamisesta. Sitä ei voitu suoraan havaita millään mittalaitteilla, mutta se ilmaisi itsensä vaikuttaessaan siihen, miten paine muuttui lisättäessä ja vähennettäessä reaktoripiirin vesimäärää. Kuplan kokoa oli hyvin vaikea määrittää ja se laskettiin monimutkaisesta kaavasta, johon määritettiin kertoimia painetta eri tavoin vaihtelemalla. Toisaalta kokoa arvioitiin tunnettujen kaasun muodostumiseen vaikuttavien reaktioiden perusteella. Epävarmuus kuplan koon ja kaasukoostumuksen suhteen aiheutti useita päiviä kestäneen varuillaanolon, vaikka kupla sellaisenaan ei haitannut käytettyä jäähdytysmenetelmää. Mikäli kuplan

vety/happisuhde olisi ollut tietynsuuruinen ja kuplaan olisi jostain odottamattomasta syystä iskenyt sytyttävä kipinä, se olisi saattanut palaa räjähdyksenomaisesti ja vaurioittaa reaktoria tai jäähdytyspiirin joitakin osia. Tästä olisi ainakin huonolla onnella voinut olla seurauksena radioaktiivisten aineiden lisääntynyt pääsy ympäristöön. Veden radiolyyttinen hajoaminen ei kuitenkaan ylittänyt ainakaan merkittävästi korkeassa paineessa tapahtuvaa rekombinaatiota eikä kuplaan tullut vaarallista määrää happea. Kupla ei näin ollen aiheuttanut suurempaa harmia ja se liukeni vähitellen veteen, josta se voitiin poistaa toisaalta reaktoripiirin paineentasaussäiliön ilmausventtiilin kautta ja toisaalta reaktoriveden puhdistusjärjestelmässä olevassa kaasunpoistimessa.

Radioaktiivisten aineiden päästöt

Päästöjä on havainnollistettu kuvassa 11.

Radioaktiivisten aineiden päästöjä tapahtui ilmeisesti alkuvaiheessa turpiinipiirin ulospuhallus- ja varoventtiilien puhaltaman höyryn mukana. Höyryn vähäinen radioaktiivisuus johtui toisen höyrynkehittimen pienestä vuodosta. Tämä höyrynkehitin eristettiin klo 6.20 eli suunnilleen samaan aikaan, kun reaktorissa alkoi tapahtua vaurioita. Näin tätä kautta tullut päästö loppui ennen kuin primääripiirin aktiivisuus oli noussut korkeaksi.

Seuraavassa vaiheessa aiheutti päästöjä reaktorirakennuksen pohjalle kerääntynyt vesi, jota reaktorirakennuksen pohjakaivon tyhjennyspumppu pumppasi automaattisesti apurakennukseen. Apurakennuksessa ei ollut riittävästi varastosäiliöitä vapaana, jolloin korkea-aktiivinen vesi joutui suoraan koske-

tukseen rakennuksen sisällä olevan ilman kanssa. Veteen liuennut kaasut pääsivät ilmastoinnin kautta laitoksen poistopiippuun. Tosin aerosolimuodossa olleet aineet ja jodit, jotka ovat ympäristölle vaarallisimpia, jäivät lähes kokonaan suodattimiin. Näin ollen päästö oli etupäässä jalokaasuja, jotka eivät sitoudu kemiallisesti ympäristöön, vaan ovat vaarallisia ainoastaan kulkiessaan ohi. Tämä päästölähde eliminoitiin 30.3, jolloin radioaktiivinen vesi saatiin pumpatuksi suljettuun säiliöön. Tästä päästöstä saatiin se opetus, että automaattinen reaktorisuojaarakennuksen eristys on tarpeen myös tämän tyyppisessä onnettomuudessa. Tätä suojausjärjestelyä on jo ryhdytty toteuttamaan useissa laitoksissa, joissa sitä ei ennen ollut.

Kolmannen tyyppiset päästöt olivat kontrolloituja ja ne suodattettiin vastaavalla tavalla kuin edellä mainitut. Nämä päästöt olivat välttämättömiä aika ajoin siksi, että reaktoripiiristä poistettavat kaasut eivät mahtuneet kaasujen viivästyssäiliöihin ilman, että kauemmin säiliössä olleita kaasuja päästettiin pois. Päästöt voitiin lopettaa 6.4, jolloin oli saatu valmiiksi tilapäinen kaasulinja, jota pitkin viivästyssäiliöiden sisältöä tyhjennettiin takaisin reaktorisuojaarakennukseen.

Ilmastoinnin hiilisuodattimista vaihdettiin uusiin 12.-17.4 noin neljännes. Tänä aikana havaittiin lisääntynyt I-131-pitoisuus ulkoilmassa ilmastointipiipun ympäristössä. 14.4. alkaen olivat arvot suunnilleen valvotun alueen rajalle annetun pitoisuusrajan suuruisia. 17.4. mennessä, johon tällä hetkellä saamani tiedot loppuvat, ei ympäristönäytteissä ollut I-131:n nousua.

Lopuksi on vielä mainittava alhaisaktiivinen vesi, joka oli kerääntynyt jätesäiliöihin ja joka laskettiin viranomaisten luvalla jokeen, jotta olisi saatu säiliötilaa radioaktiivisemmille vesille.

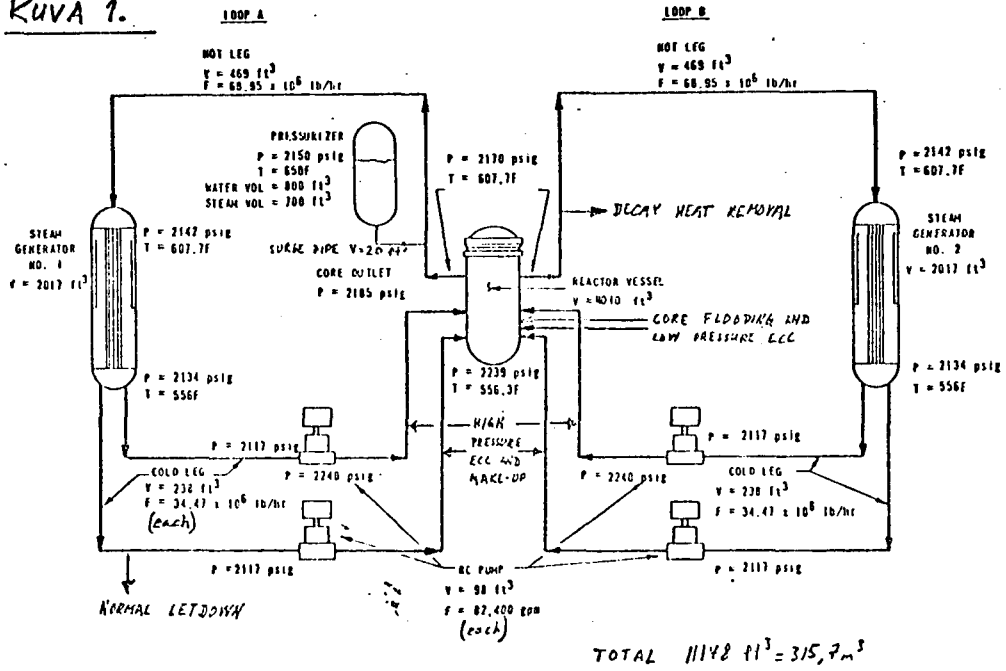
Säteilyannokset ja niiden vaikutukset

4.4. mennessä oli kolme työntekijää saanut noin 4 remin säteilyannoksen ja 12 työntekijää 2-3 rem. Koska kukaan yksittäinen henkilö ei saanut likimainkaan sellaista annosta, josta olisi välittömiä terveydellisiä seurauksia, on mielenkiintoa lähinnä kokonaisannoksella, joka ilmaisee kaikkien onnettomuuden vaikutuspiiriin kuuluneiden ihmisten yhteenlasketun säteilyannoksen. Tästä saadaan tilastollinen arvio syöpäriskille ja perinnöllisyysvaikutuksille. Mittausten ja niihin perustuvien laskelmien perusteella on tultu siihen tulokseen, että kokonaisannos jäi pienemmäksi kuin 3000 manrem-yksikköä jakautuneena n. 2 milj. henkilölle. Annoksen suuruutta voi havainnollistaa sillä, että samat henkilöt saavat luonnollisesta säteilystä saman kokonaisannoksen runsaan 4 päivän kuluessa. Siis onnettomuuspäivien aikana aiheutti luonnon säteily tälle ihmisjoukolle enemmän säteilyä kuin onnettomuus.

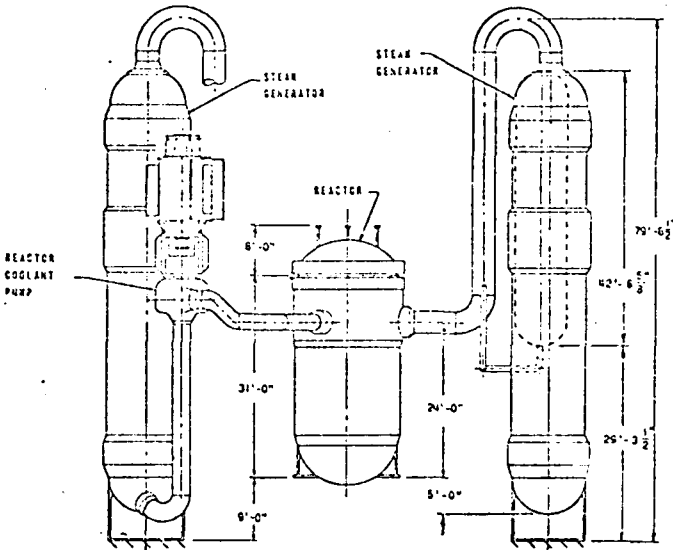
Jos halutaan kuvata syöpäriskiä ko. joukossa, voidaan Kansainvälisen säteilysuojelukomission suosittaman riskiarvon perusteella laskea tilastollisesti, että mahdollisuus yhteen syöpätapaukseen on onnettomuuden vaikutuksesta n. 1:3. Samassa väestössä tulee muista syistä esiintymään joka vuosi vähintään 4 000 syöpätapausta.

Riski yhteen selvään perinnölliseen muutokseen kahden seuraavan polven aikana on vastaavin perustein laskettuna pienempi kuin 1:10.

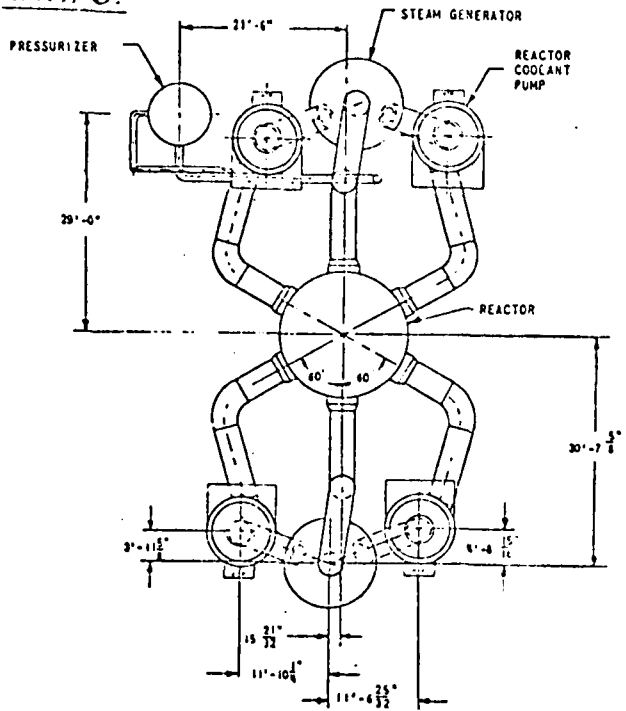
KUVA 1.



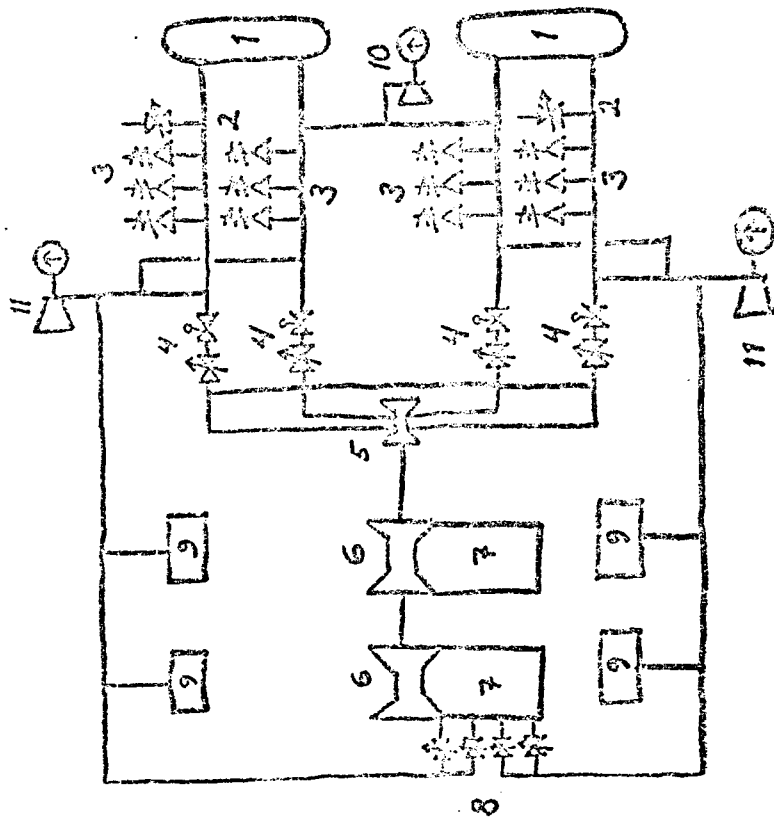
KUVA 2.



KUVA 3.

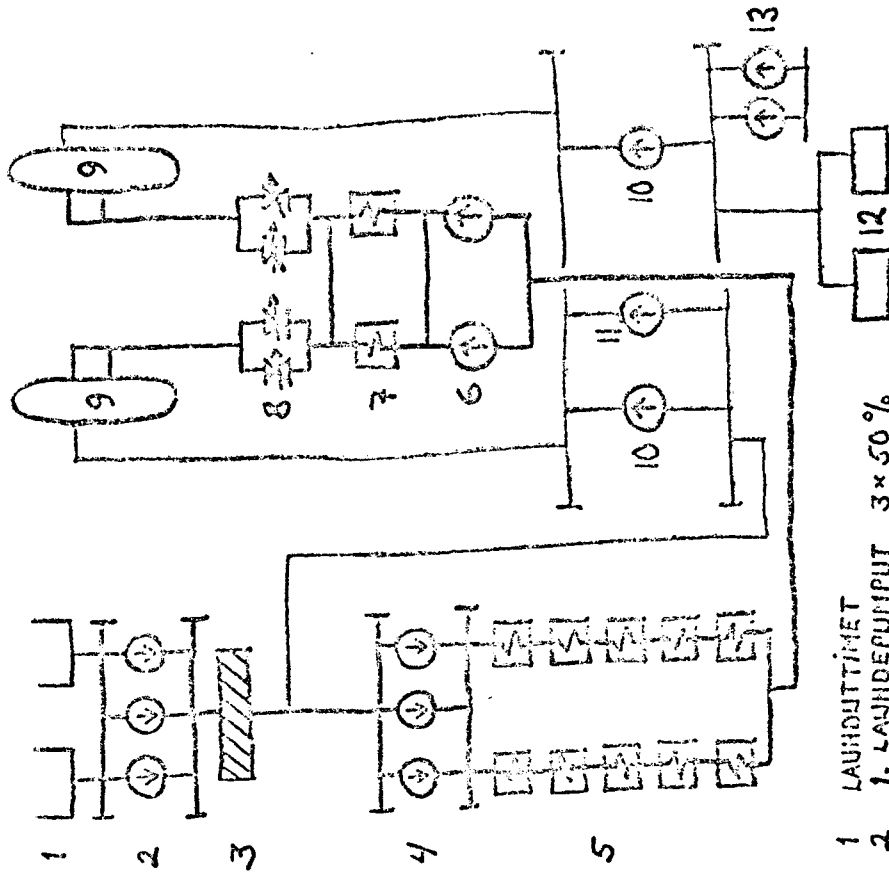


KUVA 4. KP - HÖYRYJÄRJESTELMÄ



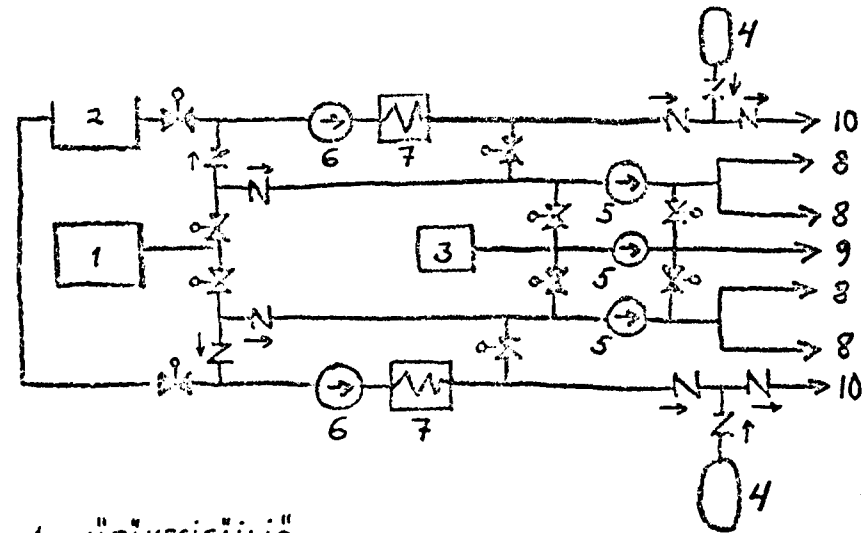
1. HÖYRYNKEHITTIMET, HÖYRYNPAINE 63.7 BAR
2. ULOSPÄÄLLYSVENTTIILIT, KAPASITEETTI YHT. 6.4 %
3. VAROVENTTIILIT, KAPASITEETTI YHT. 114 %
4. TURPIININ PIKASULKU- JA SÄÄTÖVENTTIILIT
5. KP - TURPIINI
6. LAUHDEPUMPUT
7. TURPIININ OHITUSVENTTIILIT, KAPASITEETTI YHT. 15 %
8. VÄLITULISTIMET
9. APUSYÖTTÖVESIPUMPPUN TURPIINI
10. SYÖTTÖVESIPUMPPUJEN TURPIINIT

KUVA 5. LAUHDE- JA SYÖTTÖVESIJÄRJESTELMÄ



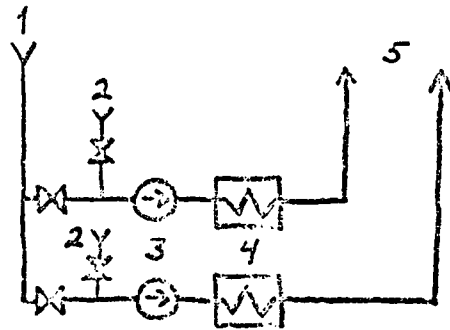
1. LAUHDEPUMPUT 3 x 50 %
2. LAUHTEEN PUHDISTUSLAITOS
3. LAUHDEPUMPUT 3 x 50 %
4. MP - ESILÄMMITTIMET
5. SYÖTTÖVESIPUMPUT 2 x 50 %
6. KP - ESILÄMMITTIMET
7. SYÖTTÖVEDEN SÄÄTÖVENTTIILIT
8. HÖYRYNKEHITTIMET
9. SAHKOKÄYTTÖINEN APUSYÖTTÖVESIPUMPPU ($2 \times 50 \%$
 $2 \times 112 \text{ m}^3/\text{h}$)
10. TURPIINKÄYTTÖINEN — " —
 100% ($225 \text{ m}^3/\text{h}$)
11. LAUHDESÄILIÖT 2 x 950 m³
12. JOKIVESIPUMPUT
- 13.

KUVA 7. HÄTÄJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT



- 1 HÄTÄVESISÄILIÖ
- 2 REAKTORIRAKENNUNSEN POHJAKAIVO
- 3 PRIMÄÄRIPÄIRIN LISÄVESISÄILIÖ
- 4 HÄTÄVESIÄKUT (42 BAR)
- 5 KP - HÄTÄJÄÄHDYTYSPUMPUT ≡ PRIM. PIIRIN LISÄVESIPUMPUT
- 6 MP - HÄTÄJÄÄHDYTYSPUMPUT ≡ JÄLKILÄMMÖNPOISTOPUMPUT
- 7 JÄLKIJÄÄHDYTTIMET
- 8 SYÖTTÖ KYLMÄHAAROIHIIN
- 9 SYÖTTÖ PÄÄKIERTOPLUMPPUJEN TIIVISTEISIIN
- 10 SYÖTTÖ REAKTORIPÄINEASTIAN "DOWNCOMERIIN"

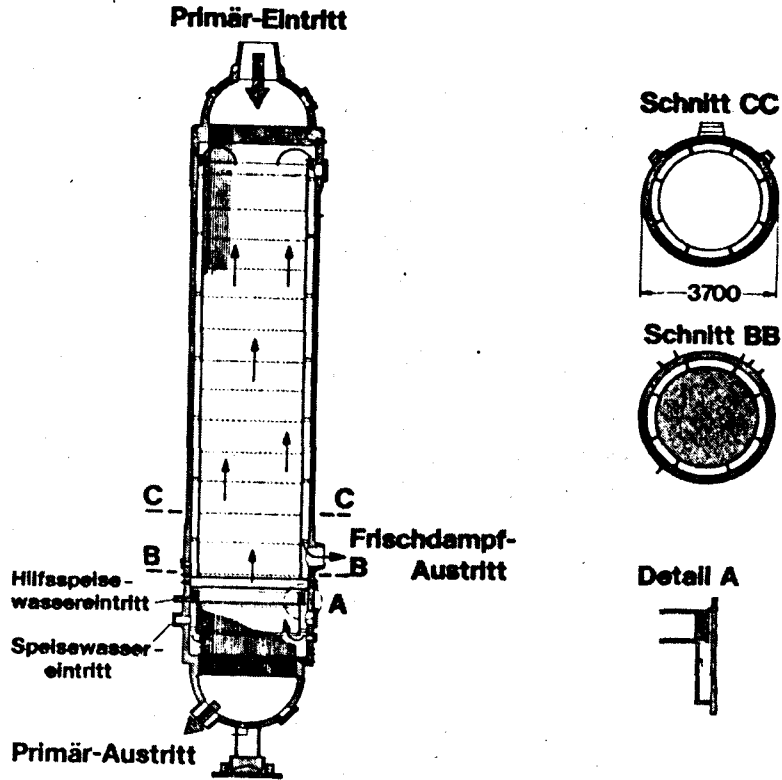
KUVA 6. JÄLKILÄMMÖNPOISTOJÄRJESTELMÄ



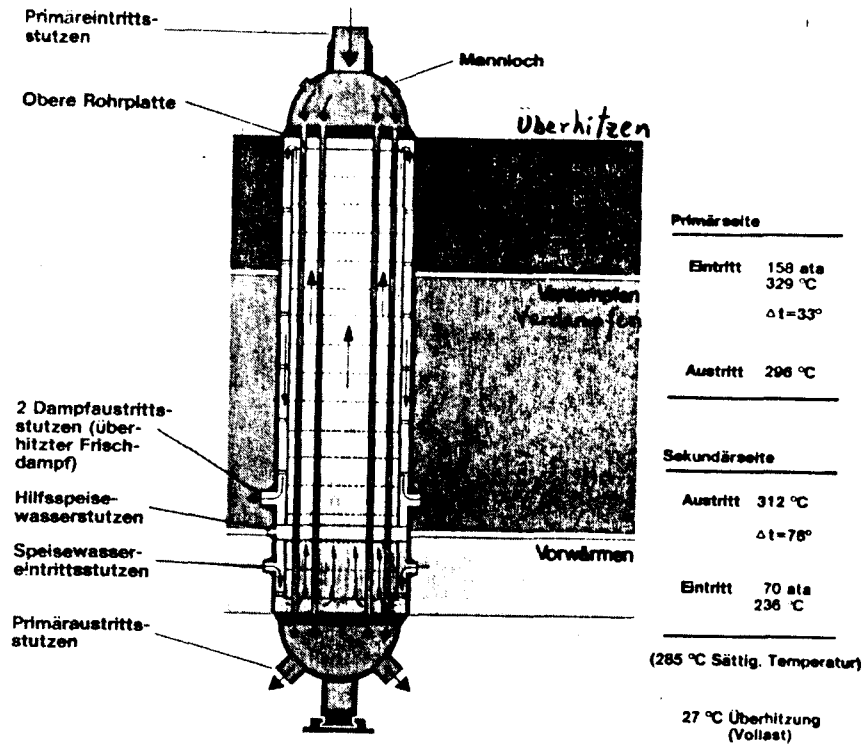
- 1 OTTO KUUMAAARASTA
- 2 HÄTÄJÄÄHDYTYSVEDEN OTTO
- 3 JÄLKILÄMMÖNPOISTOPUMPUT ≡ MP - HÄTÄJÄÄHDYTYSPUMPUT
- 4 JÄLKIJÄÄHDYTTIMET
- 5 SYÖTTÖ REAKTORIPÄINEASTIAAN

KUVA 8. TMI-2 : N JA LOVIISAN VERTAILUA

	TMI-2	LOVIISA
REAKTORIN TEHO	2772 MW	1375 MW
PRIMÄÄRIPÄIRIN		
- VESIMÄÄRÄ	315.7 m ³	203.6 m ³
- HÖYRYMÄÄRÄ (PÄINEISTIMESSÄ)	19.8 m ³	12.4 m ³
- VAROVENTTIILIT	2 × 156 tn/h	2 × 135 tn/h
- ULOSPUHALLUSVENTTIILI	50.8 tn/h	2.3 tn/h
HÖYRYSTIMIEN VESIMÄÄRÄ	2 × 80 m ³	6 × 44 m ³

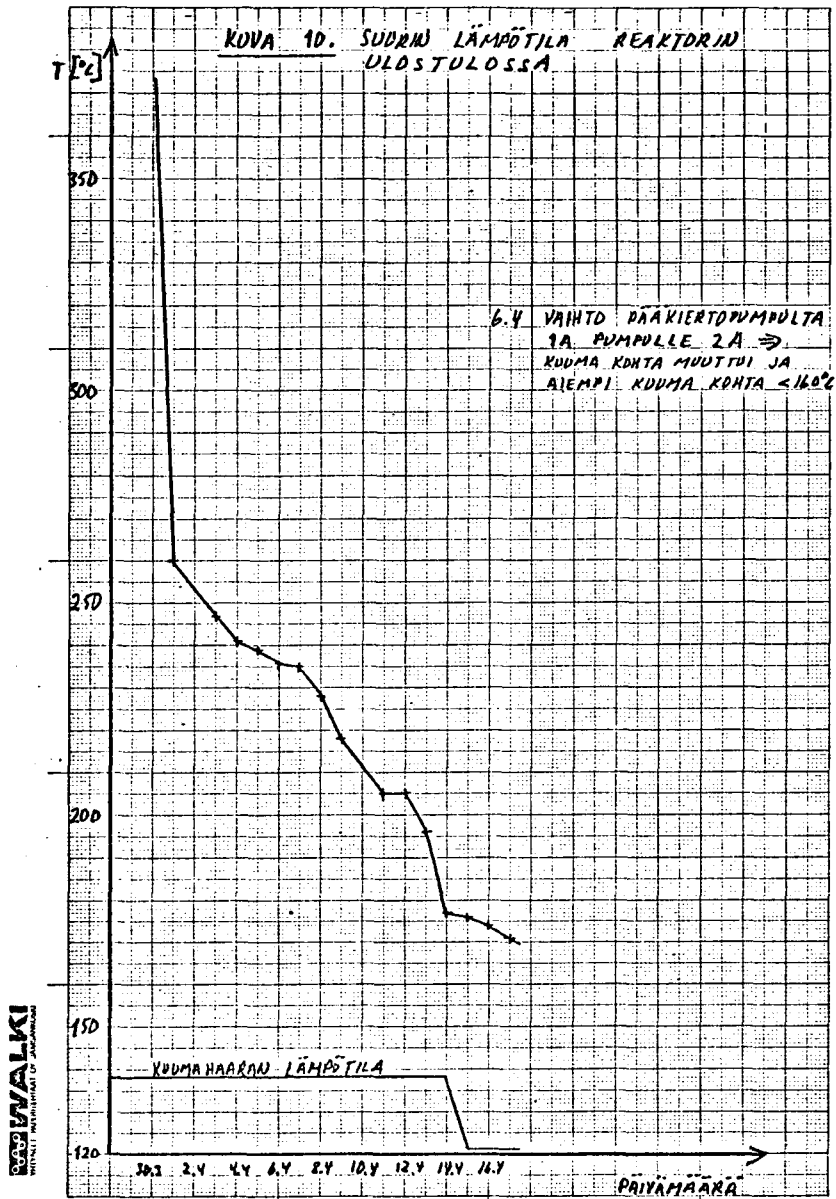


Babcock-Dampferzeuger

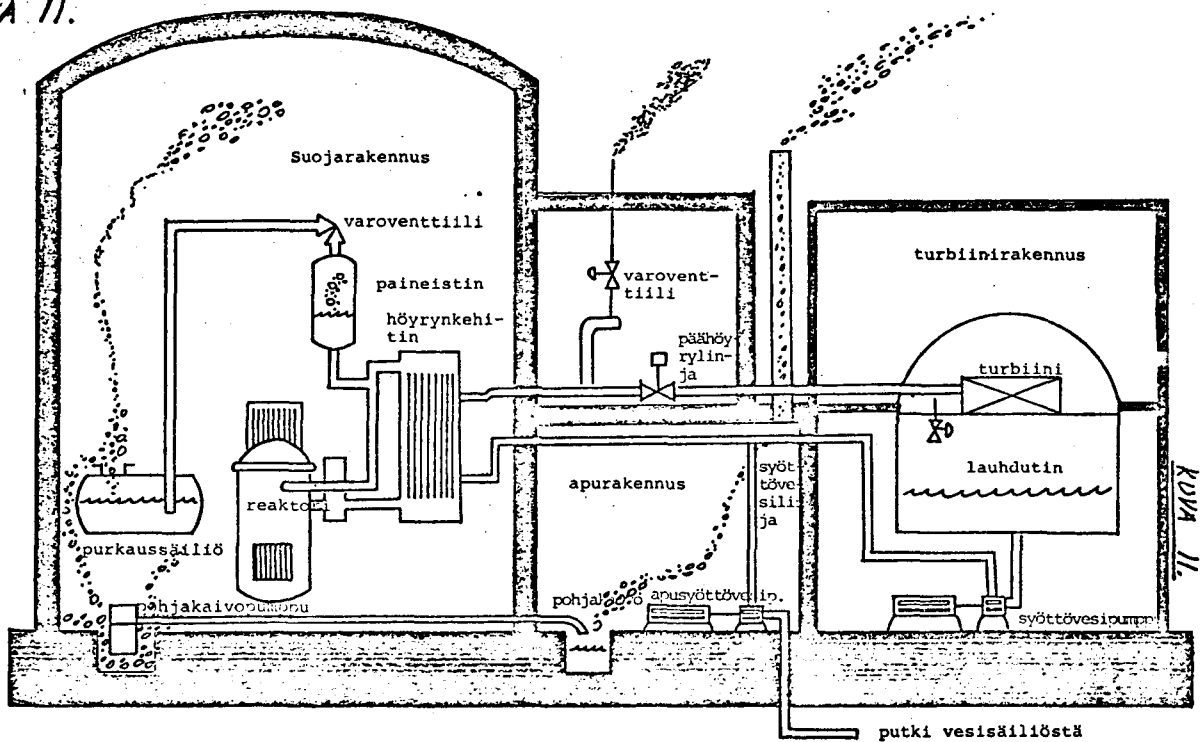


Betriebstemperaturen des Dampferzeugers
(stimmt nicht für TMI-2)

KUVA 10.



KUVA 11.



LIITE.
 PRESENTED BEFORE SENATE
 SUBCOMMITTEE ON NUCLEAR
 REGULATION APRIL 10.

PRELIMINARY CHRONOLOGY OF
THE MARCH 28, 1979 ACCIDENT
AT THREE MILE ISLAND

<u>Time (approximate)</u>	<u>Discussion of Events</u>
Before 4:00 am	TMI operator working on Feedwater System.
4:00 am	The loss of all (main and auxiliary) feedwater flow occurred while the reactor was operating at 98% power. The transient was initiated by a loss of condensate pumps. The turbine tripped.
3-6 sec later	An electromatic relief valve opened to relieve pressure in the RCS* (2255 psi).
9-12 sec later	The Reactor tripped on high RCS pressure (2355 psi) to terminate the nuclear reaction and reduce power generation to decay heat alone.
12-15 sec later	The RCS pressure decayed to the point (2205 psi) where the relief valve should have reclosed. The RCS continued to depressurize for about the next two hours.
15 sec later	The temperature in the RCS hot leg peaks at about 610°F with a pressure of about 2150 psi.
30 sec later	The auxiliary feedwater pumps in both safety trains (1 turbine driven pump and 2 electrically driven pumps) were started and were running at pressure ready to inject water into the steam generators and remove the residual heat produced in the reactor core. No water was injected since the discharge valves were closed.

*Throughout, RCS denotes "reactor coolant system."

<u>Time (approximate)</u>	<u>Discussion of Events</u>
4:01 am	The pressurizer level indication began to rise rapidly. The steam generators, A and B, had low levels of water and were drying out.
4:02 am	The ECCS was initiated as the RCS pressure decreased to 1600 psi.
4:04-4:11 am	The pressurizer level indication went offscale high and the operator manually tripped the first HPI pumps at about 4:04:30 and the second at about 4:10:30.
4:06 am	Water in the RCS flashed to steam as the pressure bottoms out at 1350 psi. The hot leg temperature was about 585°F.
4:07-4:08 am	The Reactor building sump pump came on.
4:08 am	The operator opened the valves at the discharge of the auxiliary feedwater pump allowing water to be injected into the steam generators.
4:11-4:12 am	The operator restarted the ECCS to inject water into the RCS to control pressurizer level.
4:11 am	The pressurizer level indication comes back on scale.
4:15 am	The RC Drain (Quench) tank rupture disk blew at 190 psig due to continued discharge of the relief valve that had failed to close.
4:20-5:00 am	The RCS parameters stabilized at a saturated condition of about 1015 psi and 550°F.
5:15 am	The operator tripped both RC pumps in Loop B.
5:40 am	The operator tripped both RC pumps in Loop A.

31

Time (approximate)

Discussion of Events

5:45-6 am The reactor core began a heatup transient. The RCS hot leg temperature went offscale at 620 degrees F within 14 minutes and the cold leg temperature dropped to near the temperature of high pressure injection water (150 degrees F).

6:20 am The failed open relief valve was isolated by the operator by closing a block valve. The operator also isolated steam generator B to prevent leakage of radioactive secondary water from leaking S. G. tubes.

7:00 am The RCS pressure had increased to 2150 psi and the relief valve was opened to relieve RCS pressure.

7:15 am A pressure spike of 5 psig occurred in the RC drain tank due to steam from the relief valve.

7:45 am A pressure spike of 11 psig occurred in the RC drain tank and the pressure in the RCS was at 1750 psi.

9:00 am The pressure in containment peaked at 4.5 psig.

9:00-11:00 am The RCS pressure increased from 1250 psi to 2100 psi.

11:30 am The operator opened the pressurizer relief valve to depressurize the RCS in an attempt to initiate RHR cooling at 400 psi.

12:00 am - 1:00 pm The RCS pressure decreased to about 500 psi and the core flooding tanks partially discharged. The relief capacity was not sufficient to vent enough to reach 400 psi.

2:00 pm The pressure in the containment spikes at 28 psig causing containment sprays to be initiated. The operator stopped the spray pumps after about 2 minutes of operation.

32

Time (approximate)

Discussion of Events

5:30 pm The pressurizer relief valve was closed in order to repressurize the reactor coolant system.

5:30 - 8 pm The RCS pressure increased from 650 psi to 2300 psi.

8 pm RC pump in Loop A was started at which time the hot leg temperature decreased to about 560 degrees F and the cold leg temperature increased to 400 degrees F, indicating flow through the steam generator. Thereafter, the reactor was being cooled by reestablishing condenser vacuum and steaming to the condenser by steam generator A with the RCS cooled to about 280 degrees F and 1000 psi.

March 29

The RCS temperature and pressure was stablized at about 280 degrees F and 840 to 1020 psi. The maximum reading on the incore thermocouples was 612°F, but several were not within range for computer readouts (printing "?") which was subsequently found to indicate greater than 700 degrees F.

March 30

The RCS temperature and pressure was stable at nearly 280 degrees F and between about 1000 to 1060 psi. Several incore thermocouples were beyond the range for computer readout, the maximum indicated reading was 659 degrees F. The NRR staff estimated the bubble size in RCS to be about 1200 ft³ and requested the licensee to refine their calculation of the bubble size.

March 31

The RCS temperature and pressure remained stable at about 280°F and 1000 psi. Slight drop in pressurizer level 251-191". Temperatures in the core as measured from the incore thermocouples were gradually decreasing (maximum indicated about 500°F). The hydrogen recombiner was in an operable status but additional shielding was needed and was being obtained. Two samples of containment atmosphere were analyzed which showed a hydrogen concentration of 1.7% and 1.0%. Licensee calculated bubble size to be about 620 ft³ @ 875 psig.

April 1

No substantial change in RCS temperature and pressure. Incore thermocouples continue to show decreased trend.

Licensee continued hookup of hydrogen recombiners and addition of shielding. Licensee calculated values of bubble size varied. Containment air samples indicate 2.3% hydrogen.

April 2

Reactor pressure stable at about 1000 psi. Incore thermocouples continued to show a decrease with all measurements below 475°F. Inlet and outlet temperatures were still about 280°F. One hydrogen recombiner was put in operation.

Analysis indicated that the oxygen generation rate in the reactor was less than originally estimated. Measurements indicated that the bubble was being significantly reduced.

April 3

53
Reactor pressure and temperature stable at 1000 psi and 280°F, respectively. Thermocouple readings analyzed- maximum 477°F, only 3 thermocouples were above 400°F. Gas bubble size much reduced. Containment about 1.9% hydrogen. One pressurizer level indicator failed.

April 4

Reactor pressure and temperature stable at 1000 psi and 280°F, respectively. Thermocouple maximum temperature was 466°F. Gas bubble size decreasing. Vent valve on pressurizer intermittently opened and degassing continues through letdown system.

April 5

Reactor pressure and temperature stable at 1000 psi and 280°F, respectively. Maximum thermocouple reading is 462°F. Pressurizer level responding normally to pressure changes indicating the gas bubble was greatly reduced.

Containment atmosphere indicates 2% hydrogen. One recombiner operating, one in standby. Pressurizer was vented to containment about 15 minutes every 6-8 hours to degas the primary system.

April 6

Reactor pressure stable at about 1000 psi and temperature about 285°F.

At approximately 1:25 pm, reactor coolant pump 1A tripped and reactor coolant pump 2A was started within about 2 minutes. Shift in thermocouple readings. The three thermocouples previously reading about 400°F are presently reading between 285°F and 315°F. Central thermocouple increased from 375°F to 425°F and is the only one reading 400°F.

Containment measurements indicate about 2% hydrogen. Pump-back system for pumping waste gas decay tank volume to containment began.

April 7

Reactor pressure and temperature stable at about 1000 psi and 280°F, respectively.

At about 8 pm, the licensee began to slowly lower reactor system pressure. The slow decrease ended when reactor pressure reaches near 400 psi. This step will be repeated and is a step toward cold shutdown and includes degasification to prevent bubble formation as pressure and temperature decreases.

Hydrogen concentration in the containment is about 1.9%.

RASMUSSENIN RAPORTTIIN KOHDISTETTU KRITIIKKI

Sisältö

1. JOHDANTO
2. RASMUSSENIN RAPORTTI
 - Tavoite
 - Organisaatio
 - Lausuntopyynnöt
 - Lopullinen raportti
 - Tutkimuksen jaottelu
 - Tapahtumapuut
 - Vikapuut
 - Päästöluokat
 - Seurausvaikutukset
 - Riskivertailu
 - Yhteenvedo
3. LEWISIN RAPORTTI
4. NRC:N KANNANOTTO
5. REAKTIOT JULKISUUDESSA

Yhdysvaltain atomienergiakomission (Atomic Energy Commission, AEC) toimeksiannosta suoritettiin vuosina 1972...75 laaja ydinvoimalaitosten onnettomuusriskejä koskeva tutkimus professori Norman C. Rasmussen'in johdolla. Tutkimuksen tulokset on julkaistu raportissa "Reactor Safety Study: An Assessment of Accident Risks in U.S. Commercial Nuclear Power Plants" (WASH-1400). Tämä ns. Rasmussenin raportti sai osakseen laajaa yleismaailmallista huomiota, koska siinä esitettiin kvantitatiivisia arvioita ydinvoimalaitosonnettomuuksien aiheuttamasta riskistä sekä verrattiin sitä yhteiskunnassa esiintyviin muihin riskeihin.

Rasmussenin raportti kohtasi ilmestymisensä jälkeen myös voimakasta kritiikkiä. Osittain tästä syystä Yhdysvaltain ydinturvallisuusviranomaisen Nuclear Regulatory Commission (NRC; AEC:n seuraaja ydinturvallisuusasioissa) asetti vuonna 1977 työryhmän, jonka tuli tehdä riippumaton arvio Rasmussenin raportista. Professori Harold W. Lewis'in johdolla toiminut työryhmä julkaisi arviointinsa syyskuussa 1978. Tämä ns. Lewisin raportti sisälsi sekä kritiikkiä että tunnustusta Rasmussenin raporttia kohtaan.

Lewisin raportti sai osakseen laajaa julkista huomiota NRC:n julkaistua tammikuussa 1979 Rasmussenin raporttia koskevan kannanoton, joka perustui suurelta osin Lewisin raportissa esitettyihin näkemyksiin.

Seuraavassa tarkastellaan lähemmin Rasmussenin raporttia ja sitä, mitä Lewisin raportissa ja NRC:n kannanotossa siitä on sanottu.

2 RASMUSSENIN RAPORTTI

Tavoite

Käynnistäessään riskitutkimusprojektin elokuussa 1972 asetti AEC sille seuraavansisältöisen tavoitteen:

Tutkimuksen päätavoitteena on yrittää saavuttaa joitakin järkeviä johtopäätöksiä ydinvoimalaitosonnettomuuksien riskeistä. On kuitenkin huomattava, että nykyiseen tietämykseen perustuen ei liene mahdollista tehdä toivotulla tarkkuudella täydellistä analyysiä pienen todennäköisyyden omaavista ydinvoimalaitosonnettomuuksista. Näissä tapauksissa tutkimuksen tulee tarkastella epävarmuustekijöitä nykyisessä tietämyksessä sekä niistä johtuvia epätarkkuuksia arvioissa samoin kuin kartoittaa merkittävät ongelmat. Tällä tavoin

voidaan tutkimuksen tulosten epätarkkuudet saada oikeaan perspektiiviin. Vaikka tutkimuksen tulokset tulevat väistämättä olemaan epätarkkoja joissakin suhteissa, tutkimus tulee siitä huolimatta olemaan tärkeä ensimmäinen askel kehitettäessä kvantitatiivisia riskianalyyysimenetelmiä.

Kuten tavoitteenasettelusta ilmenee, ei tutkimustulosten tarkkuuteen kohdistettu suuria toiveita.

Organisaatio

Tutkimusprojekti organisoitiin riippumattomaksi AEC:n muusta organisaatiosta. Tutkimusta johtanut Massachusetts Institute of Technology'n (MIT) professori Norman C. Rasmussen raportoi suoraan AEC:n johtavalle komissiolle. Tutkimusryhmään kuului noin 60 henkilöä. Näistä noin 10 oli AEC:n toimihenkilöitä. Loput tulivat tutkimuslaitoksista ja yliopistoista. Lisäksi osaselvityksiä suoritettiin konsulttitehtävinä ulkopuolisten organisaatioiden toimesta. Kaikenkaikkiaan tutkimukseen käytettiin noin 70 miestyövuotta. Kokonaiskustannukset olivat noin 4 miljoonaa dollaria.

Lausuntopyynnöt

Tutkimusprojekti käynnistettiin kesällä 1972. Elokuussa 1974 julkaistiin luonnos loppuraportiksi. Siitä pyydettiin lausuntoja ympäristönsuojeluryhmiltä, ydinvoimaan kriittisesti suhtautuvilta ryhmiltä, ympäristönsuojelijoilta ja teollisuutta edustavilta lakimiehiltä, valtiollisilta elimiltä sekä voimateollisuudelta. Lausuntoja saatiin noin 90, yhteensä yli 1800 sivua.

Lopullinen raportti

Lopullinen raportti julkaistiin lokakuussa 1975. Se käsitti 12 sivuisen yhteenvetoraportin (Executive Summary), 200 sivuisen pääraportin ja 11 teknistä liiteraporttia, joiden yhteenlaskettu sivumäärä on noin 2100. Viimeisessä liiteraportissa käsitellään luonnoksesta saatuja kommentteja ja niiden huomioonottamista lopullisessa raportissa.

Tutkimuksen jaoittelu

Kuva 1 esittää yksinkertaistettua kaaviota tutkimuksesta. Ensimmäisessä vaiheessa kartoitettiin fysikaalisesti mahdolliset tapahtumaketjut, jotka voivat aiheuttaa riskejä väestölle. Toisessa vaiheessa arvioitiin todennäköisyydet eri onnettomuustilanteille ja radioaktiivisten aineiden päästöille. Kolmannessa vaiheessa laskettiin radioaktiivisten aineiden leviäminen ympäristöön ja niistä aiheutuvat terveydelliset ja ympäristölliset vaikutukset. Neljännessä vaiheessa suoritettiin

ydinvoimalaitosonnettomuuksien aiheuttaman kokonaisriskin arviointi ja sen vertailu muihin riskeihin.

Tutkimus rajoitettiin koskemaan pelkästään kevytvesireaktoreja. Esimerkkilaitoksiksi edustamaan 100 ydinvoimalaitosyksikköä Yhdysvalloissa valittiin painevesireaktorilaitos (PWR) Surrey 1 (sähköteho 788 MW) ja kiehutusvesireaktorilaitos (BWR) Peach Bottom II (sähköteho 1065 MW).

Tapahtumapuut

Erilaisten onnettomuusketjujen kartoittamisessa käytettiin hyväksi ns. tapahtumapuita. Niiden avulla voidaan loogisesti identifioida tietyistä alkutapahtumasta aiheutuvat mahdolliset seuraustapahtumat. Kuvassa 2 on esitetty yksinkertaistettu esimerkki tapahtumapuusta. Siinä on alkutapahtumana primääripiirin putken katkeaminen. Ensimmäisenä tehtävänä on selvittää, mitkä järjestelmät saattavat vaikuttaa tapahtumien kulkuun. Esimerkkitapauksessa tällaisia järjestelmiä ovat sähköjärjestelmä, reaktorisydämen hätäjäähdytysjärjestelmä, radioaktiivisuuden poistojärjestelmä ja suojarakennus.

Järjestelmien toiminta voi joko onnistua tai epäonnistua. Tapahtumapuussa ylempi haara liittyy onnistumiseen ja alempi haara epäonnistumiseen. Järjestelmän toiminta epäonnistuu tietyllä todennäköisyydellä P. Yleensä epäonnistumistodennäköisyydet ovat huomattavasti pienempiä kuin yksi, joten onnistumistodennäköisyydelle voidaan kyseisessä laskentamenettelyssä käyttää arvoa $1-P \approx 1$. Kuitenkin tapahtumapuun haaraan voidaan liittää näinollen tietty todennäköisyys. Edettäessä tapahtumapuussa tiettyä reittiä vasemmalta oikealle saadaan kyseisen tapahtumaketjun todennäköisyys kertomalla eri haaroihin liittyvät todennäköisyysluvut keskenään. Erilaisten mahdollisten lopputilanteiden todennäköisyys muodostuu näinollen yksittäisten epäonnistumisten tulosta kuvan 2 mukaisesti.

Johtuen ydinvoimalaitoksen järjestelmien ja alkutapahtumien moninaisuudesta tulevat tapahtumapuut käytännössä kuvan 2 esimerkkitapausta huomattavasti monimutkaisemmiksi. Haarojen lukumäärää voidaan kuitenkin karsia ottamalla huomioon järjestelmien välisiä riippuvuuksia. Esimerkiksi kuvan 2 tapauksessa sähköjärjestelmän toimimattomuus merkitsee myös muiden järjestelmien toimimattomuutta, koska ne tarvitsevat sähköä. Tällainen karsittu tapahtumapu on esitetty alimpana kuvassa 2.

Vikapuut

Tapahtumapuussa esiintyvät järjestelmien epäonnistumistodennäköisyydet on laskettu ns. vikapuiden avulla. Niiden logiikka on tavallaan käänteinen tapahtumapuiden logiikalle. Vikapuussa otetaan lähtökohdaksi järjestelmän vikaantuminen ja pyritään selvittämään, mitkä yksittäiset viat ja vikakombinaatiot voivat aikaansaada kyseisen järjestelmän toimimattomuuden. Kuvassa 3 on esitetty yksinkertaistettu esimerkki vikapuusta. Vikapuita laadittaessa on komponenttivilkojen lisäksi otettu huomioon inhimilliset virheet sekä testien ja huollon vaikutus.

Vikapuun laatimista on jatkettu niin pitkälle, että on päädytty sellaisiin komponentteihin, joille on olemassa vikatilastoja. Lähtien yksittäisten komponenttien vikaantumistodennäköisyyksistä on vikapuun logiikkaa hyväksikäyttäen voitu laskea todennäköisyys kyseisen järjestelmän toiminnan epäonnistumiselle.

Päästöluokat

Onnettomuustapahtumaketjuun voi liittyä tietty radioaktiivisten aineiden päästö ympäristöön. Rasmussenin raportissa on tapahtumaketjut luokiteltu PVR:n tapauksessa yhdeksään ja BWR:n tapauksessa viiteen päästöluokkaan päästön suuruuden, tyyppin ja päästötavan perusteella. Kullekin päästöluokalle on laskettu esiintymistodennäköisyys tapahtumapuiden ja vikapuiden avulla. Tulokseksi on saatu kuvien 4 (PWR) ja 5 (BWR) mukaiset histogrammit.

Seurausvaikutukset

Radioaktiivisten päästöjen aiheuttamat seuraukset on laskettu huomioonottaen sääolosuhteet ja ympäristön väestöjakautuma. Seuraavien seurausvaikutusten todennäköisyyttä ja suuruutta on tarkasteltu: välittömät kuolemantapaukset, välittömät sairastumiset, kilpirauhassairaustapaukset, myöhemmät syöpäkuolemantapaukset, geneettiset vaikutukset, omaisuusvahingot ja maan kontaminoituminen.

Kuvassa 6 on esitetty kuolemantapausten todennäköisyysjakautuma reaktorivuotta kohti. Vastaavanlaiset käyrät on esitetty myös muille seurausvaikutuksille. Taulukkomuodossa tulokset on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

Riskivertailu

Rasmussenin raportissa on suoritettu ydinvoimalaitos-onnettomuuksien aiheuttaman riskin vertailu muihin riskeihin yhteiskunnassa. Tulokset vertailusta on esitetty kuvissa 7 ja 8 sekä taulukossa 3. Niissä on verrattu 100 ydinvoimalaitosyksikön aiheuttamaa riskiä muista ihmisen toiminnoista sekä luonnonilmiöistä aiheutuviin riskeihin Yhdysvalloissa.

Yhteenveto

Yhteenvetona Rasmussenin raportissa todetaan, että ydinvoimalaitosten onnettomuuksista aiheutuva riski on pieni verrattuna muihin yhteiskunnassa esiintyviin riskeihin. Edelleen raportissa osoitetaan ne kohteet, jotka kaipaavat lisätutkimuksia pyrittäessä tarkempiin riskiarvioihin.

3

LEWISIN RAPORTTI

NRC asetti heinäkuussa 1977 työryhmän (The Risk Assessment Review Group), joka sai tehtäväkseen:

1. selvittää Rasmussenin raportin saavutukset ja rajoitukset,
2. arvioida Rasmussenin raportista esitettyjä lausuntoja (peer comments) ja niiden huomioonottamista,
3. tutkia riskiarviointimenetelmien tämänhetkistä tilannetta,
4. antaa NRC:lle suositus siitä, miten näitä menetelmiä voidaan käyttää säännösten laadinnassa ja lisensoinnissa.

Työryhmään valittiin seitsemän henkilöä, jotka edustivat erilaisia näkemyksiä ydinvoimalaitosten turvallisuudesta. Työryhmän puheenjohtajana toimi University of California'n professori Harold W. Lewis. Syyskuussa 1978 työryhmä julkaisi kannanotonsa 66 sivuisena raporttina "Risk Assessment Review Group Report to the U.S. Nuclear Regulatory Commission" (NUREG/CR-0400), joka tunnetaan Lewisin raportin nimellä.

Merkittävinä Rasmussenin raportin puutteina esitetään Lewisin raportissa muunmuassa seuraavaa:

- Rasmussenin raportin yhteenveto (Executive Summary) antaa puutteellisen kuvan itse raportin sisällöstä ja sitä on sen vuoksi käytetty väärin ydinvoimalaitosten riskejä käsittelevässä keskustelussa. Yhteenveto ei kuvaa riittävästi onnettomuuksien seurauksia eikä korosta tarpeeksi onnettomuustodennäköisyyksien epätarkkuuksia. Tämän seurauksena lukijalle saattaa jäädä liian hyvä käsitys riskiarvioiden luotettavuudesta ja suotuisampi vaikutelma ydinvoimalaitosriskeistä verrattuna muihin riskeihin kuin mihin itse tutkimus antaa aihetta.
- Rasmussenin raportin luonnosta koskevia aiheellisia huomautuksia ei joissakin tapauksissa otettu huomioon. Muutoinkin esitetyn kritiikin vaikutus olisi pitänyt näkyä enemmän lopullisessa raportissa. Rasmussenin raportin epäselvyys on vaikeuttanut ajatuksen kulun jäljittämistä ja hankaloittanut raportin kunnollista arviointia.

- Työryhmä ei pysty arvioimaan, ovatko Rasmussenin raportissa esitetyt onnettomuustapahtumaketjujen absoluuttiset todennäköisyysluvut liian pieniä tai suuria. Työryhmä uskoo kuitenkin, että todennäköisyysarvioiden virherajat ovat yleensä huomattavasti aliarvioitua. Tämä johtuu riittämättömistä lähtötiedoista, yhteisvikojen epätarkasta arvioinnista sekä eräistä kyseenalaisista laskennollisista ja tilastollisista menetelmistä.

Tärkeimpinä Rasmussenin raportin saavutuksina esitetään Lewisin raportissa muunmuassa seuraavaa:

- Rasmussenin raportti merkitsee huomattavaa edistystä verrattuna aikaisempiin yrityksiin arvioida ydinvoiman riskejä.
- Rasmussenin raportti on onnistunut hyvin ainakin seuraavissa kolmessa suhteessa:
 - Se on tehnyt ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimuksen aikaisempaa johdonmukaisemmaksi.
 - Siinä on suoritettu useiden onnettomuusketjujen kartoitus.
 - Siinä on hahmoteltu menettelytapa, jonka avulla on mahdollista tehdä kvantitatiivisia riskiarvioita niille tapahtumaketjuille, joille on käytettävissä riittävät lähtötiedot.
- Huolimatta puutteistaan Rasmussenin raportti antaa tällä hetkellä täydellisimmän kuvan ydinvoimalaitosten onnettomuustodennäköisyyksistä. Vikapuu/tapahtumapuu menetelmä yhdistettynä riittäviin lähtötietoihin on paras käytettävissä oleva keino näiden todennäköisyyksien kvantitatiiviseksi arvioimiseksi.
- Rasmussenin raportti toi esiin myös muiden onnettomusseurausten kuin välittömien kuolemantapausten tärkeyden ydinvoimalaitosten turvallisuusarvioinnissa.

Lewisin raportti sisältää myös joukon suosituksia. Niiden olennaisena sisältönä on, että Rasmussenin raportissa käytetty todennäköisyyksien laskentamenetelmä on käyttökelpoinen ydinvoimalaitosten turvallisuustyössä, mutta menetelmän rajoitukset tulee aina huomioida ja tuoda selvästi esiin. Menetelmää suositellaan käytettäväksi muunmuassa ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimuksen suunnittelussa ja vaihtoehtoisten sähköntuotantomuotojen riskiarvioinneissa.

4

NRC:N KANNANOTTO Tammikuussa 1979 NRC julkaisi Rasmussenin raporttia koskevan kannanoton. Siinä NRC yhtyi suurelta osin Lewisin raportissa esitettyihin näkemyksiin Rasmussenin raportin puutteista ja saavutuksista todeten muunmuassa seuraavaa:

- NRC vetää pois aikaisemman tukensa Rasmussenin raportin yhteenveto-osalle (Executive Summary).
- NRC yhtyy siihen, että arviointi- ja kommentointimenettely (peer review process) julkaistaessa Rasmussenin raportti ei ollut riittävä. NRC tulee tältä osin parantamaan tilannetta jatkettaessa riskiarviointiohjelmaa.
- NRC hyväksyy sen, että Rasmussenin raportissa esitettyjä absoluuttisia riskiarvoja ei pidä käyttää kritiikittömästi säännösten laadinnassa eikä julkisessa suunnanmäärityksessä. NRC ei pidä ydinvoimalaitosonnettomuuksien kokonaisriskin numeerisia arvioita luotettavina.
- NRC tukee todennäköisyyspohjaisten riskiarviointimenetelmien käytön lisäämistä ydinvoimalaitosten valvontaan liittyvässä päätöksenteossa ottaen huomioon Lewisin raportissa esitetyt varaukset.

5

REAKTIOT JULKISUUDESSA

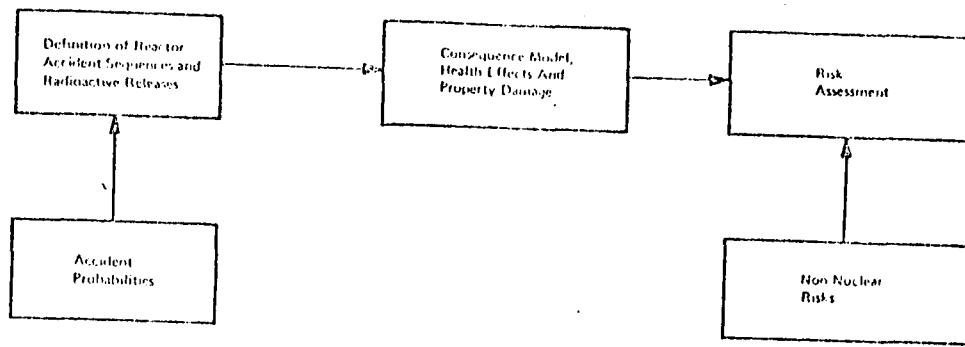
Lewisin raportti on sikäli hämmäntävä, että siinä on esitetty voimakasta kritiikkiä tiettyjä Rasmussenin raportin osia kohtaan sekä tunnustusta toisia osia kohtaan ottamatta kuitenkaan selvää kantaa raporttiin kokonaisuutena. Ydinvoiman ympärillä käytävän keskustelun kannalta Lewisin raportti onkin antoisa sen vuoksi, että sekä puoltajat että vastustajat voivat löytää raportista sopivia kohtia referoitavaksi.

NRC:n kannanotto sai osakseen maailmanlaajuista julkista huomiota. Useimmissa lehtijutuissa kerrottiin pelkästään Rasmussenin raportissa todetuista puutteista. Sellaiset otsikot kuin "USA:n ydinkomissio hylkäsi Rasmussenin raportin" olivat tavallisia myös Suomen lehdistössä. Väitettiin jopa eräissä lehtijutuissa, että Rasmussenin raportti on nyt osoitettu väärännökseksi.

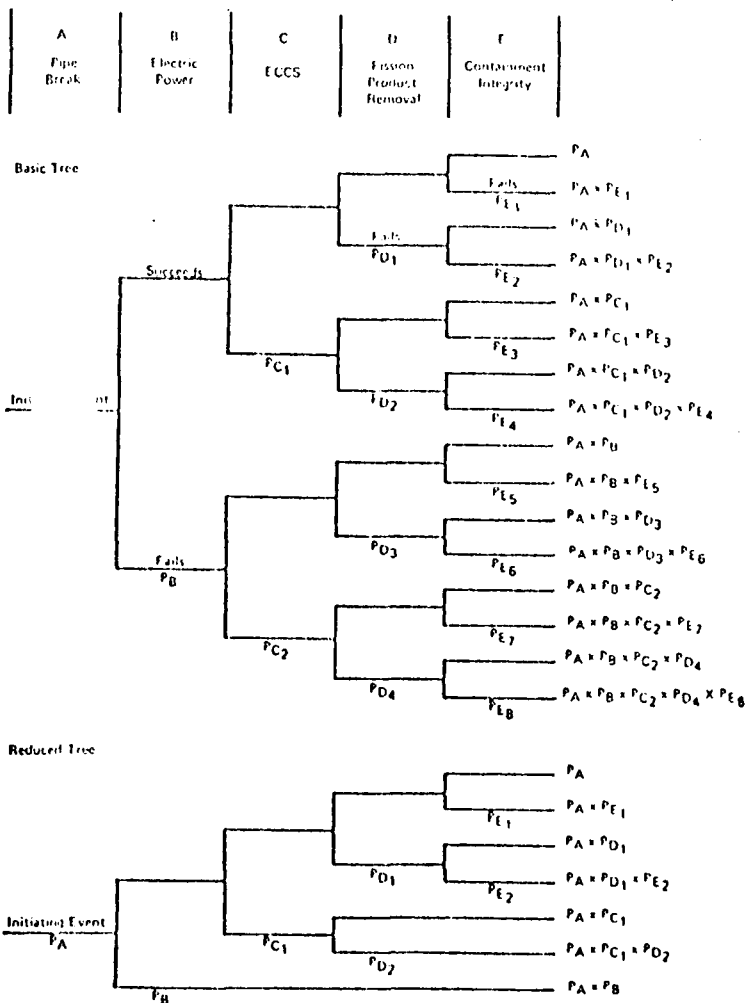
Paljon sekaannusta julkisessa keskustelussa on aiheuttanut Lewisin raportissa esitetty kannanotto, jonka mukaan Rasmussenin raportissa esitettyihin onnettomuuksien todennäköisyyslukuihin liittyviä epävarmuustekijöitä on aliarvioitu. Tämä on usein virheellisesti tulkittu siten, että Lewisin raportin mukaan itse ydinvoimalaitokset ovat epävarmempia kuin Rasmussenin raportissa on esitetty. Lewisin raportissa

ei kuitenkaan oteta kantaa siihen, ovatko todennäköisyydet liian pieniä tai suuria. Professori Lewis on itse todennut julkisesti henkilökohtaisena käsityksensä, että Rasmussenin raportin todennäköisyysluvut ovat hänen mielestään pikemminkin liian suuria kuin liian pieniä.

Rasmussenin raportin ja ydinvoimalaitosten lupakäsittelyn välisistä yhteyksistä on myös esitetty virheellisiä käsityksiä. Toistaiseksi ydinvoimalaitosten lupakäsittely on pohjautunut lähes yksinomaan deterministisiin lähtökohtiin ja turvallisuusanalyysiin. Rasmussenin raportissa sovellettujen todennäköisyyspohjaisten menetelmien käyttö lupakäsittelyssä on vasta selvittelyn alaisena. Tähän liittyvä tehtävä sisältyi esimerkiksi Lewisin työryhmän toimeksiintoon. Tulevaisuudessa todennäköisyyslaskennallisten menetelmien käyttö tulee varmasti lisääntymään ydinvoimalaitosten lupakäsittelyssä. Tähän suuntaan viittaavat muunmuassa Lewisin raportissa esitetyt kannanotot ja suositukset sekä NRC:n kannanotto.

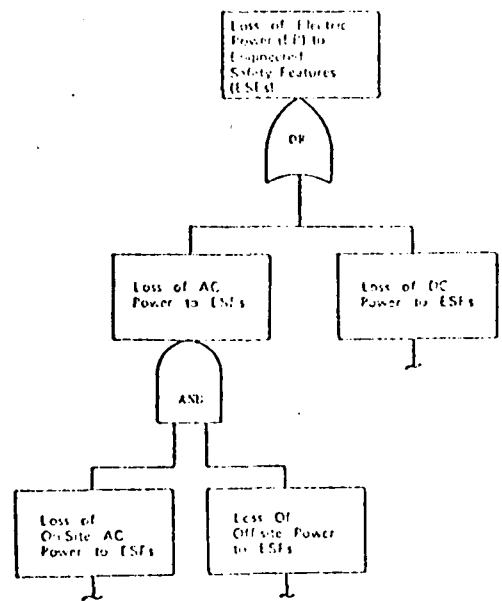


Kuva 1. Reactor Safety Study Flow Chart

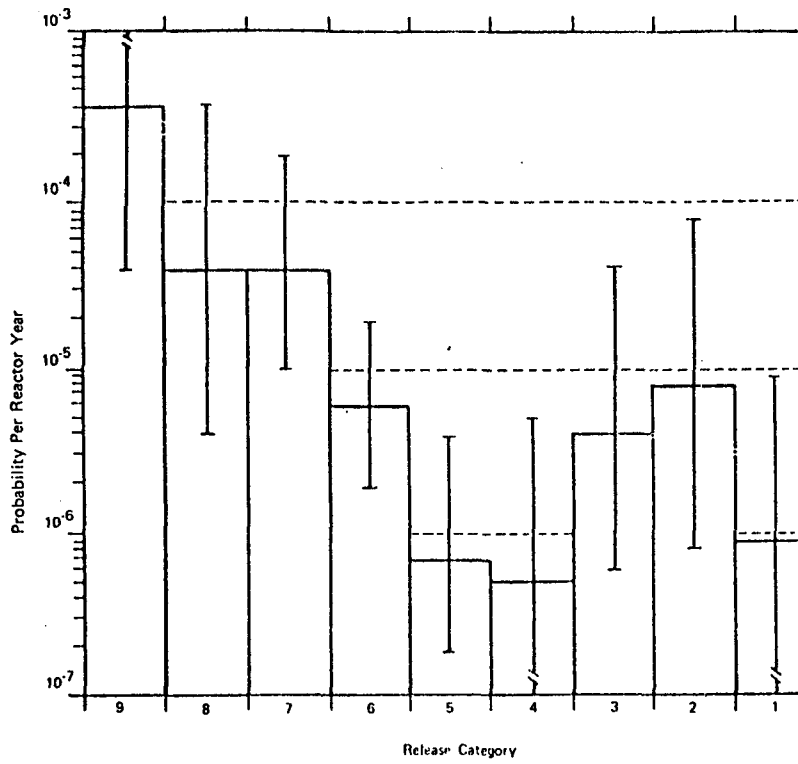


Note: Since the probability of failure, P_f , is generally less than 0.1, the probability of success (1/P) is always close to 1. Thus, the probability associated with the upper (success) branches in the tree is assumed to be 1.

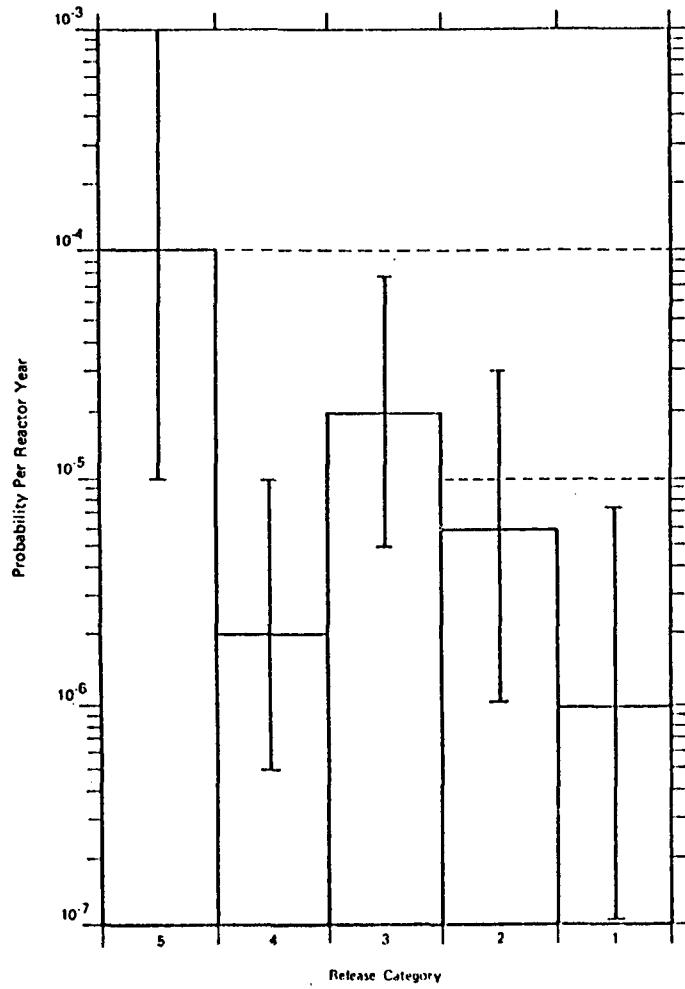
Kuva 2. Simplified Event Trees for a Large LOCA



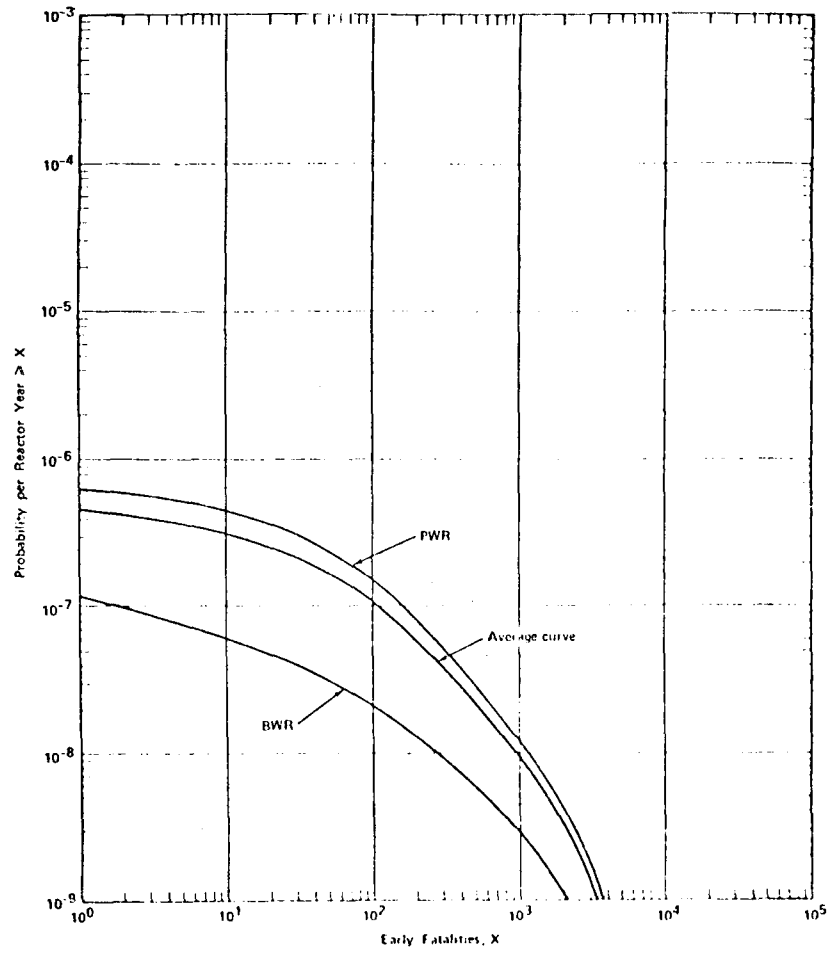
Kuva 3. Illustration of Fault Tree Development



Kuva 4. Histogram of PWR Radioactive Release Probabilities

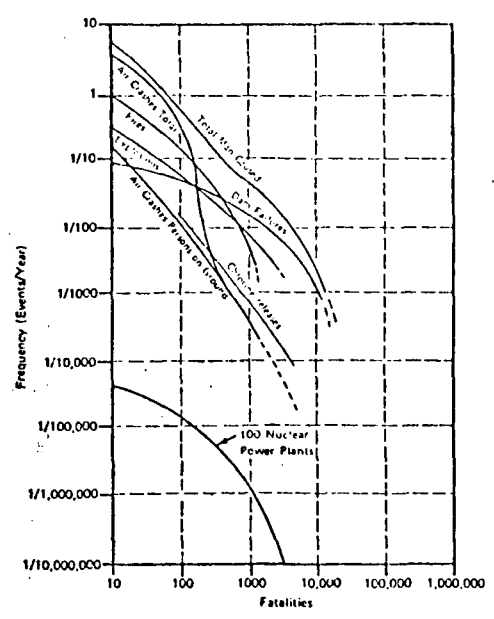


Kuva 5. Histogram of BWR Radioactive Release Probabilities



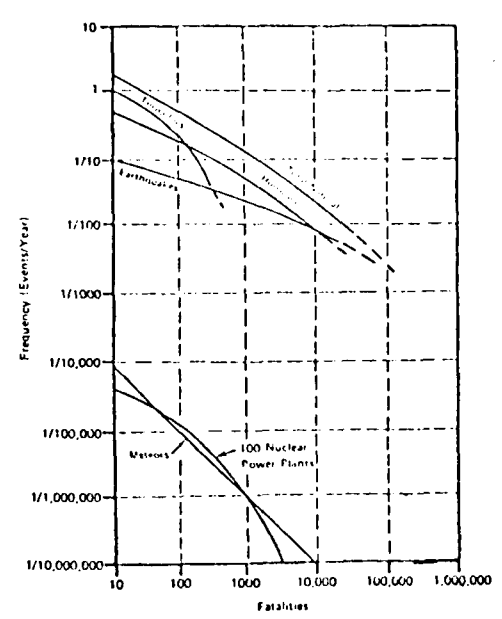
Kuva 6. Probability Distribution for Early Fatalities per Reactor Year

Note: Approximate uncertainties are estimated to be represented by factors of 1/4 and 4 on consequence magnitudes and by factors of 1/5 and 5 on probabilities.



Kuva 7. Frequency of Fatalities due to Man-Caused Events

Notes: 1. Fatalities due to auto accidents are not shown because data are not available. Auto accidents cause about 50,000 fatalities per year.
 2. Approximate uncertainties for air/air events are estimated to be represented by factors of 1/4 and 4 on consequence magnitudes and by factors of 1/5 and 5 on probabilities.
 3. For natural and man caused occurrences the uncertainty in probability of largest recorded consequence magnitude is estimated to be represented by factors of 1/20 and 5. Smaller magnitudes have less uncertainty.



Kuva 8. Frequency of Fatalities due to Natural Events

Notes: 1. For natural and man caused occurrences the uncertainty in probability of largest recorded consequence magnitude is estimated to be represented by factors of 1/20 and 5. Smaller magnitudes have less uncertainty.
 2. Approximate uncertainties for natural events are estimated to be represented by factors of 1/4 and 4 on consequence magnitudes and by factors of 1/5 and 5 on probabilities.

Taulukko 1.

CONSEQUENCES OF REACTOR ACCIDENTS FOR VARIOUS
PROBABILITIES FOR ONE REACTOR

Chance per Reactor-Year	Consequences				
	Early Fatalities	Early Illness	Total Property Damage \$10 ⁹	Decontamination Area Square Miles	Relocation Area Square Miles
One in 20,000 (a)	<1.0	<1.0	<0.1	<0.1	<0.1
One in 1,000,000	<1.0	300	0.9	2000	130
One in 10,000,000	110	3000	3	3200	250
One in 100,000,000	900	14,000	8	-	290
One in 1,000,000,000	3300	45,000	14	-	-

(a) This is the predicted chance of core melt per reactor year.

Taulukko 2.

CONSEQUENCES OF REACTOR ACCIDENTS FOR VARIOUS PROBABILITIES
FOR ONE REACTOR

Chance Per Reactor-Year	Consequences		
	Latent Cancer (b) Fatalities (per year)	Thyroid Nodules (b) (per year)	Genetic Effects (c) (per year)
One in 20,000 (a)	<1.0	<1.0	<1.0
One in 1,000,000	170	1400	25
One in 10,000,000	460	3500	60
One in 100,000,000	860	6000	110
One in 1,000,000,000	1500	8000	170
Normal Incidence	17,000	8000	8000

(a) This is the predicted chance of core melt per reactor year.

(b) This rate would occur approximately in the 10 to 40 year period following a potential accident.

(c) This rate would apply to the first generation born after a potential accident. Subsequent generations would experience effects at a lower rate.

Taulukko 3. AVERAGE RISK OF FATALITY BY VARIOUS CAUSES

Accident Type	Total Number	Individual Chance per Year
Motor Vehicle	55,791	1 in 4,000
Falls	17,827	1 in 10,000
Fires and Hot Substances	7,451	1 in 25,000
Drowning	6,181	1 in 30,000
Firearms	2,309	1 in 100,000
Air Travel	1,778	1 in 100,000
Falling Objects	1,271	1 in 160,000
Electrocution	1,148	1 in 160,000
Lightning	160	1 in 2,000,000
Tornadoes	91	1 in 2,500,000
Hurricanes	93	1 in 2,500,000
All Accidents	111,992	1 in 1,600
Nuclear Reactor Accidents (100 plants)	-	1 in 5,000,000,000

OSALLISTUMINEN ENS:N JA ANS:N JÄRJESTÄMÄÄN ENC'79
-KONFERENSSIIN HÄMPURISSA 6.-11.5.1979

1. YLEISTÄ

EUROPEAN NUCLEAR CONFERENCE 1979:n (ENC'79) järjestäjinä toimivat European Nuclear Society ja American Nuclear Society. Samanaikaisesti pidettiin FORATOMin toimesta FORATOM VII-kongressi ENC'79, joka oli jatkoa Pariisissa 1975 aloitetulle ENS:n ja ANS:n järjestämien kansainvälisten suurkonferenssien sarjalle, oli suurin ydinenergialan tapahtuma vuonna 1979. Osanottajia oli yhteensä n. 2400 henkeä 46 maasta, mm. Neuvostoliitto ja Kiina olivat mukana. Suomalaiset osanottajat, joita oli yhteensä 27 varsinaista osanottajaa ja 3 seuralaista, ilmenevät liitteestä 1.

Konferenssin teemana oli "Nuclear Power - Option for the World". Istunnot jakaantuivat ns. yleisistuntoinen (plenary sessions), joiden esitelmät olivat kutsuttuja laajempia katsauksia sekä ns. teknisiin istuntoihin, joiden esitelmät olivat joko kutsuttuja tai ne oli valittu useiden teknillisten ohjelmatoimikuntien toimesta kirjoittajien konferenssille tarjoamista yhteenvetoraporteista. Tekniset istunnot olivat aikataulullisesti sijoitettu niin, että niitä oli jopa 10 samanaikaisesti.

Suomesta oli kaksi esitelmää:

Fuel Cycle Optimization with Non-Proliferation Objectives
P. Silvennoinen, T. Vieno ja J. Vira

Nuclear Applications for Low Temperature Heat
R. Tarjanne.

Konferenssin kohokohtina voidaan pitää liittokansleri Helmut Schmidin vakavahenkistä ja perusteellista puhetta avajaisistunnossa sekä Harrisburgin onnettomuutta käsitellyttä erikoispaneelia. Maailman energiavarojen riittävyys, yleistön suhtautuminen, kansanäänestykset ydinvoimasta sekä demokraattisen päätöksentekokoneiston toimintakelpoisuus olivat ajankohtaisia ja keskeisiä aihepiirejä, joita käsiteltiin tai sivuttiin useassa eri yhteydessä.

2. AVAJAISISTUNTO

Avajaisistunnossa puhuivat Karl Heinz Bechurts (ENS:n puheenjohtaja), William R. Kimel (ANS:n puheenjohtaja), Hampurin kaupungin pormestari Hans-Ullrich Klose, liittokansleri Helmut Schmidt sekä Rudolf W. Guck (FORATOMin puheenjohtaja). Lisäksi luettiin Yhdysvaltain presidentti Carterin konferenssille lähettämä tervehdys, jossa hän painotti ydinenergian rauhanomaisen käytön tärkeyttä kaikille kansoille.

Liittokansleri Schmidin tunninpitäinen puhe oli selvä ja voimakas kannanotto ydinenergian puolesta. Puheessa käsiteltiin lähes kaikkia olennaisimpia ydinenergia-alan ajankohtaisia kysymyksiä aina maailman energiavarojen riittävuudesta ydinjäteongelmiin asti. Liittokansleri totesi, että ydinenergialla on pysyvä sija Liittotasavallan energian tarpeen tyydyttämisessä ja että teollisuusvaltioiden mahdollinen luopuminen ydinenergian käytöstä kuormittaisi erityisesti kehitysmaita, koska jo nykyisinkin öljyn hinnan nousu hidastaa kehitysmaiden suunnitelmien toteutumista. Mikäli teollisuusmaat luopuisivat ydinenergian hyväksikäytöstä, olisi se ajattelematonta ja edesvastuutonta ja saattaisi jopa johtaa maailmanlaajuiseen konfliktiin. Harrisburgin onnettomuutta käsitellessään Schmidt totesi, että siitä pitäisi ottaa opiksi ja pyrkiä vielä nostamaan turvallisuustasoa. Onnettomuutta olisi syytä tutkia myös

kansainvälisellä tasolla samaan tyyliin, kuin on toimittu ydinsulkukysymyksessä ja INFCE-ohjelmassa. Konferenssin osanottajille Smidtin sanoma oli se, että alan asiantuntijoiden tulisi esittää tietonsa ymmärrettävässä muodossa kansalle, jonka huolestuneisuus on vakavasti otettava asia.

Liittokansleri Schmidtin puheeseen reagoitiin Saksan Liittotasavallan lehdistössä näkyvästi - ja tuloksena oli myös nimitys "atomikansleri".

3. ENERGIAVAROJEN RIITTOISUUS - ENERGIASTRATEGIAT

Energiastrategioista pidettiin kutsuttuihin esitelmiin pohjautuva tekninen istunto, jossa oli mm. seuraavat esitelmät:

W. Häfele, IIASA
 Long-Term Worldwide Energy
 Supply: Problems and Opportunities

Ch. Starr, EPRI
 Energy Strategies for U.S.A

Energiavarojen riittoaista käsiteltiin myös muissa istunnoissa; mm. avajais- ja päättäjäsistunnossa.

Fossiilisten polttoaineiden riittämättömyys maailman tulevaisuuden energiahuollossa on selvä tosiasia. Jo maailman väestön kasvu (nykyinen väestörakenne aiheuttaa voimakkaan kasvun syntyvyyden säännöstelystä huolimatta) ja kehitysmaiden oikeutus nostaa energiakulutustaan aiheuttavat tun-
 tuvan kasvun maapallon energiatarpeeseen. Kun tähän vielä lisätään mahdollisuusmaiden muutaman prosentin vuosikasvuvauhti, tulee energiantarpeen kehitysnäkymät vielä huolestuttavimmiksi.

Ydinenergia ja aurinkoenergia ovat ainoita sellaisia energialähteitä, joilla on potentiaalia täyttää energiatarpeen ja fossiilisten polttoaineiden saatavuuden välinen vääjäämätön ja laajeneva vajaus. Muilla energialähteillä on vain pienempää ja paikallista merkitystä eikä niillä ole ratkaisevaa vaikutusta koko maailmaa ajatellen. Aurinkoenergia ei tule vielä pitkään aikaan (jos yleensäkkään ?) teknisesti ja taloudellisesti kypsäksi laajamittaiseen käyttöön. Kyynisenä toteamuksena esitettiin, että "Tämä sanoma on helppoa saada perille - paitsi länsimaissa".

Häfele totesi esitelmässään mm. että alle 50 vuodessa fossiilisten polttoaineiden tuotantorajoitukset aiheuttavat puutetta; sen jälkeen polttoainevarat alkavat ehtyä.

Starr toi esitelmässään esiin sen näkökohdan, että eri maiden hallitukset eivät ole yleensä tiedostaneet sitä riskinottoa, joka liittyy energiavalintojen tekoon. Ts. tämänpäivän päätökset saattavat tulevaisuudessa johtaa peruuttamattomaan umpikujaan. Starr painotti edelleen, että kaikkia realistisia vaihtoehtoja on ajettava niin voimakkaasti kuin mahdollista, koska aikavakiot uuden energiateknologian käyttöönotossa ovat useita vuosikymmeniä.

4. YDINENERGIA JA YLEISÖ

Ydinenergia ja yleisö on aihepiiri, joka on ollut mukana kaikissa suuremmissa alan konferensseissa 1970-luvun puolivälistä lähtien. Sen tärkeys on myös selvä, koska energian saannin turvaaminen saattaa pahimmassa tapauksessa kaatua tähän kysymykseen. Sen sijaan, että aikaisemmin keskityttiin ydinenergiaa koskevien virheellisten väitteiden kumoamiseen sekä irrallisten tapahtumien selvittelyyn, on tarkastelukulma muuttunut nykyään syvällisemmäksi. Kyseessä on eräänlainen filosofisyhteiskunnallinen probleema, jonka yhteydessä on hyväksyttävä mm. seuraavat tosiasiat:

- Elämme "irrationaalisessa" maailmassa
- Ydinenergia ja ~~demokratia~~ sopivat huonosti yhteen.

Pelkästään rationaalisin perustein on mahdotonta vakuuttaa irrationaalisesti käyttäytyviä ihmisiä sellaisissa asioissa, joita he eivät läheskään täydellisesti ja koko laajuudessaan ymmärrä. Jollei länsimainen demokratia pysty aikaansaamaan järkeviä ja oikeita päätöksiä energia-asioissa, siitä seuraa vakavia häiriöitä ja totalitäärisesti hallitut maat menevät edelle kehityksessä.

Keino, jolla alan asiantuntijat voivat yrittää parantaa asiantilaa, on rehellisen ja oikean sekä tarpeeksi yksinkertaisessa muodossa olevan informaation välittäminen yleisölle suullisessa ja kirjallisessa muodossa. Samoja asioita on toistettava jatkuvasti, koska vastustajien virheelliset väitteet eivät häviä, vaikka ne olisi kertaalleen kumottu.

5. HARRISBURGIN YDINVOIMALAITOSONNETTOMUUS

Harrisburgin lähellä sijaitsevassa Three Mile Island-ydinvoimalaitoksessa 28.3.1979 alkanutta onnettomuutta käsittelemään oli järjestetty erikoisistunto, jossa 8 hengen asiantuntijapaneeli käsitteli tapausta Karl Heinz Beckhurtsin johdolla. Alustuksen piti Milton Levensson, joka toimi ns. Industry Advisory Group'in johtajana onnettomuuden aikana TMI-2-ydinvoimalaitoksella. Levenson tulee myös johtamaan onnettomuuden analysoimiseksi asetettua tutkimusryhmää. Levenson ei ole voimalaitoksen omistajan eikä rakentajan palveluksessa. Paneelissa ei käsitelty yksityiskohtaisesti tapahtumien kulkua, vaan painopiste oli organisatiossiin ja tiedotustoimintaan liittyvissä asioissa sekä onnettomuuden aiheuttamissa seurauksissa ydinvoiman käytön suhteen.

Onnettomuuden tapahduttua kerättiin laitokselle 150 ulkopuolisen asiantuntijan muodostama ryhmä, jonka johtajana siis toimi Levenson. Tapahtumapaikalle kertyi myös n. 400-500 tiedotusvälineiden toimittajaa, joiden tiedonnälän tyydyttäminen ei sujunut parhaalla mahdollisella tavalla. Sen johdosta tiedotusvälineiden välittämä kuva tapahtumista oli virheellinen. Nuclear Regulatory Commission, joka otti ohjat käsiinsä tiedottamisessa, sai osakseen voimakastakin kritiikkiä.

Tilanne TMI-2-laitoksella ei ollut missään vaiheessa lähel-lükään katastrofaalista. Yksi sekaannuksen aihe oli vetyräjähdyksen mahdollisuus. Primaaripiirissä, jossa oli vain vetyä kaasuna zirkoniumin ja veden kemiallisen reagoinnin seurauksena, ei ollut räjähdysvaaraa. Suojarakennukseen tuleva vety voi muodostaa hapen kanssa räjähdyskelpoisen seoksen, mikäli vetypitoisuus on riittävän suuri. Suojarakennus olisi kestänyt tällaisen räjähdysten. Konsultoituaan vähemmän ydinvoimalaitoksista perillä olevien asiantuntijoiden NRC oli virheellisesti ilmoittanut, että reaktoripaineastiassa oleva vety ja happi voisivat räjähtää.

Pääkiertopumppujen pysäyttymisestä jäädytysvaiheessa Levenson totesi, että se tehtiin tilanteessa, jolloin 3 MW:n jälkilämpötehoa yritettiin poistaa 7 MW:n pumppausteholla.

Useiden eri yhteensattumien summana syntynyt onnettomuus-tilanne antaa vakavan aiheen selvittää tapahtumat mahdollisimman tarkkaan ja pyrkiä estämään vastaavanlaisten tilanteiden syntyminen. Turvallisuustutkimuksissa on keskitytty liikaa pääkiertoputken katkeamisesta aiheutuvan jäädytteenmenetysonnettomuuden analysointiin sekä maanjäristysanalyysien tekoon. Lievempien onnettomuuksien tutkimuksessa on parantamisen varaa. Varsinaista syyllistä (komponentit, operaattori, käyttöohjeet, ...) ei onnettomuudelle voi nimetä. Joissakin

piireissä esitetty väite, että onnettomuus oli ollut sabotaasin seurausta, kumottiin jyrkästi jo alkutapahtumien luonteen perusteella.

Kaikista virheistä huolimatta onnettomuudessa ei tapahtunut käytännöllisesti katsoen mitään vahinkoja ihmisille eikä ympäristölle. Säteilyannos normaaliväestöön kuuluville ihmisille oli onnettomuuden seurauksena n. 4 mR, mikä vastaa vajaan viikon taustasäteilyannosta.

6. PÄÄTTÄJÄISISTUNTO

Päättäjäsistunnossa Sir John Hill esitti yhteenvedon konferenssista, minkä jälkeen Sigvard Eklund (IAEA:n puheenjohtaja), William Kimel ja Karl Heinz Beckurts esittivät omat loppukommenttinsa. Eklund painotti tiedotusvälineiden keskeistä asemaa mielipiteiden muokkaajina ydinenergia-asioissa. Maailmassa on 60 000 ydinasetta, jotka eivät kuulu ydinenergian rauhanomaisen käytön piiriin eikä niistä puhuta. Eklund ehdotti naisten tehokkaampaa käyttöä ydinenergia-alan tehtävissä, koska yleisö ja muut instanssit uskovat paremmin naisia !

7. MUUTA

Osallistuin 6.5.1979 Nuclear Societies International Advisory Committee'n (IAC) kokoukseen. IAC:n uudeksi puheenjohtajaksi valittiin L. Manning Muntzing.

Suomalaiset osanottajat oli kutsuttu 7.5.1979 illalla tutustumaan Herfurth GmbH:n tehtaaseen Hampurissa. Tehdas valmistaa säteilyvalvontamittalaitteita.

SUOMALAISET OSANOTTAJAT ENC '79/FORATOM VII - KONFERENSSISSA
HAMPURISSA 6..11.5.79

Nimi	Toimipaikka
Savolainen, Anna-Liisa, FM	ITL
Lipsanen, Pentti, ins.	Tampella
Vira, Juhani, DI	VTT/YDI
Rajamäki, Markku, TkT	VTT/YDI
Heinonen, Jorma, FT	VTT/REA
Tarjanne, Risto, TkT	LTKK
Kuusi, Juhani, TkT	Finnatom
Haapalainen, Timo, DI	Finnatom
Väisänen, Seppo, FM	STL
Viitasaari, Osmo, DI	STL
Vapaavuori, Olavi, TkL	TVO
Aaltonen, Raimo, DI	TVO
Rastas, Ami, TkL	TVO
Myllys, Erkki, ins.	TVO
Karjala, Jorma, FM	TVO
Raade, Antero, DI	IVO
Siltanen, Pertti, DI	IVO
Autio, Antti, DI	IVO
Nurmimäki, Kalervo, DI	IVO
Numimäki, Hilve	
Laine, Paul, DI	IVO
Laine, Raili	
Simola, Perttu, DI	IVO
Simola, Aira	
Sipilä, Erkki, DI	IVO
Niemi, Pertti, DI	IVO
Mäkelä, Kalevi, DI	IVO
Tiainen, Olli, TkT	HKE
Seppä, Matti, DI	HKE
Luoto, Uolevi	Energiataloudellinen yhdistys

Käytetyt lyhenteet:

ITL: Ilmatieteen laitos
VTT/YDI: Valtion teknillinen tutkimuskeskus/Ydinvoimatekn.laboratorio
VTT/REA " " " /Reaktorilaboratorio
LTKK: Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu
STL: Täteilyturvallisuuslaitos
TVO: Teollisuuden Voima Oy
IVO: Imatran Voima Oy
HKE: Helsingin energialaitos

CONFERENCE RÉSUMÉ - Sir John Hill

After a very full week we have now come to the last session and it is my privilege to look back over the proceedings of the last few days and highlight some of the more important topics dealt with.

At the opening session, Chairman (Dr Beckurts), you forecast that the Harrisburg accident would be the central theme of this conference. This has proved an accurate prophesy.

The reverberations of the Harrisburg accident are still echoing round the nuclear world and will do so for a long time yet, as enquiries and discussions continue in order to establish exactly what happened and why, and to consider what lessons are to be learned for the future. The reason why the accident has inevitably dominated our discussions here this week does not, however, lie primarily in the technical aspects of the accident, although of course they must be, and will be, thoroughly explored and discussed. The real significance of Harrisburg will be its effect on public attitudes to nuclear power throughout the world, and its significance will not be in any way diminished by the fact that it will be the myth of Harrisburg rather than the realities of what happened there that will shape these public attitudes. In the world of ideas myths are realities; men have often gone to their deaths for them. This has, I think, been well appreciated during the conference and the feeling that we are operating in a world not completely - or perhaps even mainly - founded on rationality makes us, as scientists and engineers, uncomfortable. However, the world is the same one we have always lived in - it has not

changed suddenly from a rational world to an irrational one. If ideas and attitudes have changed it is in response, whether rational or not, to an event in the real world. Other real events may change attitudes again in a different direction. We are right to be concerned and indeed anxious about present public attitudes to nuclear power but we would be wrong to despair. Grounds for confidence in the basic common sense of our fellow men have also emerged at this conference, as I hope to show in this résumé.

References to politicians at the conference have not always been particularly kind. But we have had in this period demonstrations of realism about nuclear power from two of the most important political leaders of the western world.

In his opening address the Chancellor of the Federal Republic brought out very clearly the reality of the world's need for more energy, by pointing to the fact that by the year 2000 the world's population will have trebled since his own boyhood. As Mr Barthelt pointed out in his forthright speech at lunch on Tuesday, this increase is already "programmed" in the age distribution of the present population of the world. These people will need food and homes and therefore energy, and we must hope that they will be able to fare better than the third of the present population of the world who do not have enough to eat today. Energy conservation in the richer countries is very desirable but it will not go far towards meeting these needs. As Chancellor Schmidt suggested, a world energy famine is a sure recipe for international strife to secure the best share of the diminishing supplies.

The third world will not come off best in such a struggle. Against this background the retention of the nuclear option is the only responsible policy and I share the Chancellor's view that to attempt to "mothball" nuclear power would in effect foreclose the option because it would be impossible to take a live nuclear industry out of the mothballs when it was discovered to be needed.

The other evidence of government realism that I referred to came from President Carter who in the face of the recent large anti-nuclear demonstration in Washington affirmed the same need to maintain the nuclear option in the United States. This brings out a point, often made during the conference, that when anti-nuclear sentiments have to come up sharply against the harsh realities of possible energy shortages, clarity of vision is sometimes improved. The realities of energy supply in the United States and the political consequences of heavy dependence on foreign oil supplies were, indeed, clearly spelled out for us by Mr McCormack at our first session.

The conflicting patterns of world oil supplies and demands were illustrated in the excellent paper by M. Pecqueur, which M. Vendryes presented. The point that the energy savings postulated in many so-called "green scenarios" could be realised only in an authoritarian state was well taken. I am often surprised that people who feel alarm that their civil liberties could be curtailed by measures necessary to ensure the security of nuclear materials and installations seem to see no loss of personal liberty in the enforcement of stringent regulations on the use of power.

Monday's session on reactor systems gave us a detailed view of the excellent technical progress being made on the several reactor types. Confidence in light water reactors justifiably remains high, and there are good prospects for further development. AECL are to be congratulated on Candu's continued export success. Our own confidence in the gas-cooled type has been confirmed by experience, and development work on the fast reactor in several countries continues to justify our expectation that it will be available as a safe and easily managed system when it is needed. The steady progress on the Super Phenix reactor in France is most encouraging and it was interesting to hear of Russian experience with BN 350 from Academician Kazachkovsky in one of the contributed sessions.

The timing of the need for fast reactors will depend largely on the availability of economically exploitable reserves of uranium. This subject was covered in Tuesday's session on the nuclear fuel cycle. Both Mr Pantanetti and Mr Allday emphasised the political uncertainties surrounding the mining and supply of uranium. Investment plans have to be made against a background of forecasts which are constantly being revised downwards. Known supplies seem to be adequate for about 30 years. Present and planned plant for conversion to UF_6 are probably adequate to meet demands but an uncertain market could lead to delays in the installation of new plant.

As regards enrichment, some surplus capacity is likely in the medium term; the major R & D interest is currently on the centrifuge and laser techniques. Fuel fabrication capacity also seems adequate. Although current capacity is likely to be fully taken up around 1986 there are plans for expansion and for new national fabrication plants.

The back end of the fuel cycle is, of course, the more sensitive area. I share M. Aycoberry's view that reprocessing is the key to responsible use of energy resources and to satisfactory long-term waste disposal. As he suggested the back end of the fuel cycle has been the laggard in thermal reactor development and I agree that we should ensure that this is not so in the case of the fast reactor. In the UK we have plans for a larger fast reactor fuel development plant to operate in the late 1980's based on experience of the reprocessing of fast reactor fuel since 1961.

Final disposal of the high level radioactive waste which is produced by reprocessing is the subject of research programmes in several countries. Methods of glassifying the liquid waste have been demonstrated. Because the glass blocks will need several decades to cool down to a suitable temperature for final disposal, there is no urgent technical need to perfect methods of final disposal. The need to make rapid progress in this area arises from the public demand to be reassured on the existence of a safe means of final disposal of radioactive waste before further large commitments are made to the generation of electrical power by nuclear means. This is not an unreasonable attitude and it is certainly one to which we have to pay heed. To demonstrate the safety of waste disposal in geological formations, however, it is necessary to study the characteristics of the rocks which could be suitable for this purpose. This requires holes to be drilled into the rocks at some depth. In the UK we have so far been able to obtain the necessary planning permission for such drilling at only one site - in Caithness in North Scotland, not far from our Dounreay establishment.

Useful information has been obtained from this site but examination of rocks in other areas is necessary and this is held up at present by lack of planning permission. It is rather hard that opponents of nuclear power argue that it is irresponsible to expand nuclear power generation before a means of finally disposing of nuclear waste has been worked out in detail and, at the same time, seek to prevent the research work needed to do this from being carried out.

Although the study of deep burial on land has progressed furthest, there are also other possible means of permanently disposing of radioactive waste. As Mr Johnson's paper pointed out, emplacement on or under the sea bed might turn out to be the best solution. Disposal of all kinds of nuclear waste is not likely to represent more than 5% of the cost of electricity generated by nuclear power. It is not therefore the economic problem that is sometimes suggested.

If the Harrisburg accident has been the major theme of the conference, a minor theme which has emerged quite frequently has been the International Fuel Cycle Evaluation.

Mr Cunningham and Dr Popp gave us interesting accounts of American and German viewpoints on Wednesday. Both commented on the benefit that had flowed from this unique exercise in bringing a much better understanding by governments of the scientific and technical matters under discussion. It is gratifying that a general agreement has been reached on the technical issues, even though one can appreciate that agreement on the conclusions may be more difficult to achieve. The association of the eastern bloc and third world countries

in the deliberations has plainly brought advantages. Sensible attitudes on fuel cycles and fast reactor development seem to be forming. There are certainly no instant solutions available for the problem of nuclear weapons proliferation, and if INFCE proves to be the forerunner of international institutions to deal with such matters as plutonium storage the effort that has gone into the evaluation in all countries will have been well worthwhile.

The centre piece of the conference was undoubtedly the excellent session devoted to the Harrisburg accident. Mr Levenson's blow-by-blow account of the events in the accident was gripping and his assessment of the importance of the various incidents gave us some new insights, in particular the appreciation that the fears of an hydrogen explosion in the pressure vessel which caused such alarm at the time were in fact misplaced.

The subsequent discussion was at a high level and we were particularly indebted to Mr Sommer of Die Ziet for bringing us up sharply against the reality of the popular prejudices we are facing in our efforts to set the accident in the proper perspective for the benefit of the public. In the discussion we were warned that following Harrisburg there was now a real risk of the world turning away from nuclear power in a wave of revulsion against everything that nuclear power was thought to stand for. We are all agreed that this would be a tragedy and we must not allow it to happen.

I do not believe that it will happen. The facts are still that the world needs nuclear power desperately. The alternative is human suffering on a gigantic scale. We have seen that governments perceive this even when they may have

started their consideration of the matter with views unfavourable to nuclear power. I believe that the same logic can be got across to ordinary citizens when it is presented, as Chancellor Schmidt presented it, as the remorseless arithmetic of world population growth and the need to improve the present miserable standards of so many of the existing population. In the industrial countries it may need, as Llewellyn King suggested, an actual failure of electricity supply before the pressure of demand upon supply is appreciated. But this may not be far away and meanwhile the pressure of demand upon the supply of motor spirit is already being demonstrated in some parts of the world in quite a dramatic way.

The message on safety is admittedly more difficult to get across because risks from radioactivity are not comprehended in the same way as risks from cold and hunger. Chancellor Schmidt's suggestion of a world conference to report on nuclear safety, as INFCE is doing on the proliferation issue, could be very helpful in putting the issues in proper perspective. Meanwhile we must ourselves strive to spread information - not propaganda, which would be self-defeating - to help people to understand. The concept of risk in terms of, for instance, 3 in 1000 million per year, can be understood by people who can understand bookmakers' odds and comparisons of risks associated with nuclear power with those associated with other industrial activities give a proper perspective.

We must certainly not give up our efforts because Harrisburg has made the task harder. Our response must be to strive harder and find more effective ways of conveying our message.