

# ATS

## Ydintekniikka n:o 4/1977

---

---

ENS - NEWSLETTER 4	s. 3
KOTIMAAN TAPAHTUMIA	s.13
KOULUTUSSIMULAATTORI LOVIISAAN H. Väyrynen	s.16
RUOTSALAINEN RATKAISU KÄYTETYSTÄ POLTTO- AINEESTA JA KORKEA-AKTIIVESTA JÄTTEESTÄ HUOLEHTIMISEKSI ESITELTIIN L. Mattila	s.25
RAPORTTI: WORLD ENERGY CONFERENCE 1977 J. Santaholma	s.41
ATS:N EKSKURSIO RANSKAAN 1977	
Johdanto	s.51
Seminaarit CEA:lla	s.53
Framatomë ja Creusot-Loire	s.62
Phenix	s.68
Ydinjätehuolto ja Marcoulen lasituslaitos	s.73
Tricastinin ydinvoimalaitostyömaa	s.76
Eurodifin väkevöintilaitos	s.87
Bugeyn ydinvoimalaitospaikka	s.93
Vierailuohjelma	s.96
Osanottajaluettelo	s.98

# ATS YDINTEKNIikka

Numero 4/1977

Joulukuu 1977

Julkaisija: Suomen Atomiteknillinen Seura  
Valtion teknillinen tutkimuskeskus  
Ydinvoimatekniikan laboratorio  
Lönrotinkatu 37  
00180 Helsinki 18  
puhelin: 90-648 931

Toimitus: päätoimittaja  
Lasse Mattila

toimittaja  
Jorma Karjala

## YDINENERGIA JA ATS

Kuluvana vuonna ydinenergian käyttö on saavuttanut kynnysvaiheen, jossa keskeisille ongelmille on vaa-  
dittu tyydyttäviä ratkaisuja. Ongelmia ovat huoli  
ydinaseiden leviämisestä, jälleenkäsittelyn teollinen  
käynnistäminen, jätteen lopullinen hoitaminen sekä  
ydinpolttoaineen riittävyys takaaminen etsintä-  
toimintaa tehostamalla, polttoainekiertoja kehittä-  
mällä ja hyötyreaktoreiden käyttöönotolla. Ongelma-  
vyyhdin purkaminen on tajuttu ehdoksi ydinenergian  
laajamittaisen käytön jatkamiselle, mikä alkaa tuot-  
taa tuloksia selvien ratkaisumallien esittämisen  
muodossa. Tämä vaikuttanee suotuisasti ydinenergiaan  
kohdistuvaan yleiseen mielipiteeseen.

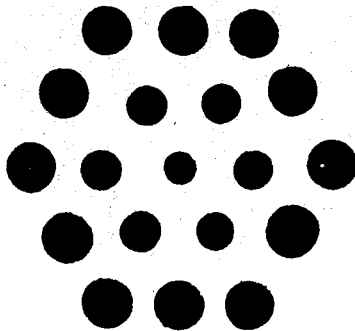
Taloudellinen laskusuhdanne on ydinvoiman rakennus-  
ohjelmien hidastumisen kautta antanut uutta puhtia  
uusien teknillisesti ja taloudellisesti tärkeiden  
reaktorikonstruktioiden kehittämiseen kaupalliselle  
asteelle. Näitä ovat korkealämpötilareaktorit ja  
pienreaktorit. Kummassakin on taustalla tavoitteena  
käyttää ydinenergiaa edullisesti myös lämmöntuotan-  
toon. Yhdistetty sähkön ja lämmöntuotanto on kannat-  
tavaa jo nykyisillä kevytvesireaktoreilla. Maailmalla  
on merkkejä keskikokoisten kevytvesireaktoreiden  
standardisoinnista, josta saadaan hyötyä pienten ja  
vähän energiaa kuluttavien maiden ydinvoimalaitos-  
ten rakentamishjelmien sopeuttamiseen vastaamaan  
maan energiankysyntää.

Suomen ydinenergiatekniikassa on yleismaailmallinen alan kynnysvaihe ja sen suoma hengähdystauko käytettävä kunnolla hyväksi selvitettyä po. energia-alan käyttömahdollisuuksia. Ydinenergia on kansainvälistä ja kehitysprojektit niin laajoja, että tarvitaan usean maan yhteistoimintaa ongelmien ratkaisemisessa. Tästä ovat selvänä osoituksena kuluneena vuonna maailmalla tapahtuneet eri maiden väliset neuvottelut ja tehdyt sopimukset. Tämän vuoksi Suomen on säilytettävä jo muodostuneet kansainväliset alan suhteet ja kehitettävä edelleen yhteistoimintaa.

Edellä käsitellyssä maailman energiatilanteessa Suomen Atomiteknillisen Seuran on pyrittävä pitämään yhteyksiä mahdollisimman moneen maahan ja edistettävä alan kanssakäymistä kotimaassa. Kuluneena vuonna seura järjesti yhdessä ENS:n ja ANS:n kanssa "Topical Meeting on Low Temperature Nuclear Heat"-konferenssin, jossa oli edustajia 21 eri maasta. Seuran kuukausikokouksissa on ollut esitelmöitsijöitä Saksan liittotasavallasta ja Ruotsista. Tämän lisäksi seura teki ulkomaan ekskursion Ranskaan. Kuluvana vuonna on otettu yhteyksiä Neuvostoliittoon, joiden toivotaan tuottavan tuloksia ensi keväänä.

Kotimaan toimintaan ovat tänä vuonna kuuluneet Olkiluodon ja Loviisan voimalaitoksilla järjestetyt kuukausikokoukset, alan tiedotustoiminta ATS Ydintekniikka -lehden välityksellä sekä VTT:n toiminnan esittelyt ja energia-alan käsittelyt kuukausikokouksissa. On ilmeisen tarpeellista, että seura toimii tulevaisuudessa entistä enemmän ulkopuolelle suuntautuvasti. Koska yleisöinformaatiota tehdään myös muilla tahoilla, tulee seuran tiedotustoimintaan kuulua mahdollisimman korkeatasoisen, helposti ymmärrettävän ja neutraalin asia-aineiston esittäminen niille, jotka joutuvat osaltaan tekemään ydinenergiaan liittyviä päätöksiä.

Olli Tiainen



## EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY NEWSLETTER

Editor's Note

## THE GREAT DEBATE

NUCLEAR POWER AND THE ENERGY FUTURE, A ROYAL INSTITUTION FORUM

11th and 12th October, 1977.

In the spring of 1977, Frank Tombs, at that time Chairman of the South of Scotland Electricity Generating Board and a known supporter of the Steam Generating Heavy Water Reactors as the next nuclear reactor system for the UK, suggested that a follow up of the Flowers Report (Royal Commission on the Environment) on plutonium should take the form of a prepared and public debate on six topics. This suggestion was taken up by the Royal Institution under the direction of Sir George Porter and eventually, after some delay rumoured to enable nuclear power opponents to revise their position, was conducted on 11 and 12th October, 1977.

The topics chosen for debate and their principal speakers were:

What is the energy problem?

Lord Avebury, President Conservation Society  
K R Williams, Head Shell Technical Group Planning

Strategies for the future

Michael Posner, Fellow Pembroke, Cambridge  
Gerald Leach, Fellow Int Inst Environment and Development

Alternative energy sources

Dr P Chapman, Open University  
D J Miller, South Scotland Electricity Board

Technological demands of nuclear power

Dr N L Franklin, Nuclear Power Company  
Dr W Patterson, Friends of the Earth

Fast reactor and plutonium fuel cycle

Sir Brian Flowers, Imperial College  
Dr T N Marsham, Atomic Energy Authority

International proliferation of nuclear weapons

Sir John Hill, Atomic Energy Authority and BN<sup>7</sup> Ltd  
Brian Johnson, U Sussex and Int Inst Environment and  
Development

Position papers by all speakers were prepared and circulated in advance (copies of the position papers were deposited with the Institution of Nuclear Engineers' library). On the assumption that the audience had read the papers, the debate took the form of a five minute tabling of the speakers' position followed by a debate between the speakers which was subsequently thrown open to the floor in each session to receive a mixture of position statements and questions from the audience.

First, however, there was a variation from the announced programme which was to have been opened by the Secretary of State for Energy (Anthony Wedgwood Benn) who had instead to attend a Cabinet Meeting; in his place, Dr John Cunningham spoke as a junior minister in the department, with medical rather than scientific qualifications, but with a particular interest in having Windscale in his Cumberland constituency. He was surprisingly forthright in speaking of the government acceptance of the current role of nuclear power and the expectation that this role would not be diminished. He repeated the parliamentary assurances however of the public enquiry before any embarkation on a prototype commercial fast reactor.

Mr Wedgwood Benn did attend the first afternoon and replied at the closing session to a number of questions, giving the impression that if the debate had been largely about whether to keep the nuclear power option open for the end of the century, there was no doubt about keeping political options open.

The debate was heard by some 400 persons so that the Royal Institution was well attended, though not quite every seat was occupied (the occasion may well have been sold out, but like Wedgwood Benn, perhaps not everyone taking a ticket could attend all two days). The well known names in the UK field were there to argue for and against; a few distinguished visitors came from Europe. My impression was that the event was not as widely publicised as it might have been though clearly the main organised interest groups on both sides were aware. I felt the ordinary public had a limited role, a role confined to the more or less passive listener to the shortened, one-hour, television programme that is to be edited from the filmed record. In addition, the full proceedings are to be published by the Royal Institution.

Technical and economic factors got considerable attention. There were many disagreements over the feasibility of the varied developments proposed and even more disagreement over the likelihood that each had of being realised. Most people accepted in fact that a

single projection was unsound so that the issue resolved on a question of judgement of the degree of insurance one was willing to pay against the various outcomes (alas, the actual word used to death was 'scenario'). Thus the pessimist who feared the cold, the shortage of food and the consequent disruption to civilised behaviour might pay insurance in the form of more nuclear power; the pessimist who feared terrorism and a polluted world with the consequent disruption to civilised behaviour might pay insurance in the form of less nuclear power.

Particular technical themes of general interest included the prospect of either an energy gap developing in the 1990s if energy was costed in real terms at its present value or the alternative prospect of a doubling or tripling, in real terms, of the price of energy which would promote conservation, decrease the use of energy and promote the exploration for other sources, thus eliminating any physical gap. It is interesting to note simultaneous developments in the world outside the Royal Institution. Mr Benn's own department published an energy planning paper for consideration by the newly-formed UK Energy Council that accepts that the real cost of energy will at least double by the end of the century. This has profound implications for the UK which have yet to be understood in terms of the consequent costs of food, labour and capital goods and our commercial international competitiveness. One might spare a passing thought for the writer's age group as he retires in 1995 to a pensioner's world where warmth will cost at least twice as much of his pension as today.

Simultaneously, the current development of the energy controversy in the USA is becoming clearer as battle lines are drawn between President and Congress. It is the President's policy to contain the price of native oil and gas; Congress has voted to lift such price restrictions.

We can therefore expect to see in the US an immediate move towards this doubling of energy costs. Its consequences will be profit in the short term for the oil and gas companies who perhaps will use this profit for exploration and further resource development, a possible cut back in energy use (and the USA relies more heavily than ever on imported oil) and the improved market conditions for other energy sources.

A second interesting general theme subsumed nuclear power into the question of the 'grid economy', a view point epitomised by Walter Patterson. As the economy develops to use larger amounts of power but more particularly electricity takes a larger fraction, then the centrally generated and grid distributed electricity supply will colour the political nature of the country. The centralised supply and distribution is vulnerable to interruptions; society will protect itself from such damage either by potentially repressive measures or by the acceptance of outrageous demands by those who 'have power'. The well known euphemism for communist countries is the 'centrally planned economies'; will the UK, the western country with the most sophisticated grid become a 'centrally controlled economy'?

The alternative is decentralisation. Something was made of the advantages of this in the debate - ecology, the self sufficient life. My own cynical view reflects that few of us are Richard Briers who can follow the 'good life' only when supported by the centrally planned BBC monopoly. Most of our millions are not able to take the middleclass dream of self-sufficient acres in the country, just as Egypt's pyramids were reserved for the few rulers.

It is interesting in this light to reflect that the alternative sources of energy that were proposed as being the most advanced, least polluting and most ready for implementation were those such as wave generating (eg Salter duck) which would be inextricably linked with a grid distribution system of electricity subject to the criticism made of the political implications for a grid economy. Similarly, the alternative energy 'scenario' worked out in such detail by the Open University rests very largely on converting road transport to electric cars whose storage capacity would smooth the electricity demand over the diurnal cycle to enable a range of interrupted supplies to be acceptable and places yet further dependence on the grid economy to distribute power for transportation.

Much then of the debate was technical/economic and it was not to be supposed that a synthesis of the arguments was available. I think the debate in this area was valuable, part of the public - scientific process of testing ideas. I expect all who heard it to respond in their various ways to the technical points made about the positions they adopted.

Yet the debate also took part in another place, a world of fear rather than technicalities. There was a small element of the audience who clearly had profound fears of the consequences of radiation, and particularly plutonium. I cannot say that such fears are irrational; if history provides us with anything it is a list of events where one's worst fears have been realised. There are few things that man is capable of that haven't been done in our murky history. In my own judgement, the fears they expressed and the obvious division they wished to see in their own standpoint vis a vis the 'immoral and unethical' supporters of nuclear power cannot be resolved by purely technical arguments.

Is it a case therefore of fighting fear with fear? A modest programme of this sort would require for example that where the nuclear power industry is obliged to pillorise itself by publically announcing all radiation releases, however trivial, then the fossil fuelled industries (and not just the central Generating Boards) might also be required to publicise their routine releases of natural radiation up chimneys (generally greater than routine nuclear releases). Action by the Secretary of State for Energy? His colleagues might similarly direct that the County Council for Cornwall and the City Fathers of Aberdeen should in all tourist brochures list the routine emission of radiation from granite and the likely consequences in terms of cancer and mutation. We have lived with radiation for ever; perhaps we all must now fear what it is we live with.

The alternative is to balance one fear with another. We all die sometime and cancer with coronary diseases are left as the great killers; do we seek a longer life, chilled, and hungry; would these conditions permit a longer life anyway? I believe that the general public have not yet been given the opportunity to understand these issues in a non-emotive way. It seemed from the politicians present at the Royal Institution that a balanced decision would be possible from them, but politicians will realise better than I how the general public must support difficult decisions.

The Royal Institution debate has played a notable part in this process.

## EUROPEAN NEWS

JET Decision

The European Economic Community Ministers for Research and Energy meeting in Luxembourg on 25 October 1977, at last reached a long delayed determination on the future of the Joint European Torus (JET). The announcement from the meeting was that the project at present envisaged should be based on the UK fusion research establishment at Culham, near Oxford, where a team directed by the noted French scientist, Professor Rebut, has been preparing potential designs.

The two year delay in the project threatened to disperse the skilled team and it is not certain whether all those concerned, particularly Professor Rebut, will still stay with the project. In addition of course, one must suppose that the delay will correspondingly put back the development of fusion power though in any practical reading of the problems associated with the engineering of fusion power, this must be supposed to be a goal of the twenty first century, not this one.

The deadlock of the last two years had figured the UK and Germany as rivals for the siting of this major European facility. The breakthrough came apparently in a feeling of understanding and mutual cooperation following the recent terrorist activities; it is likely that Germany will provide the site, at Garsching, of any secondary or follow up fusion facility.

Treatment of Plutonium Poisoning

The UK National Radiological Protection Board announced the development of a chelate, Puchel, able to preferentially combine with plutonium in the body to promote excretion. Clinical tests have not yet been completed, but this should be a valuable device in dealing with cases where plutonium has been ingested or taken up.

Windscale Enquiry Ends

The Government inquiry under Mr Justice Parker in to the proposed Windscale development, ended after 100 days of taking evidence, on 4 Nov. The report, which will determine the provision of oxide fuel reprocessing facilities in the UK for domestic and foreign utilities, is expected this year. Written evidence had piled more than two metres high.

Nuclear Controversy in France

The current issue of RGN (Revue Generale Nucleaire, 4/1977, published under the auspices of SFEN, the French Society) contain a thoughtful analysis by M. L. Timbal-Duclaux on the current nuclear controversy as seen in France which he calls the Eight Paradoxes of Nuclear Information. The author indicates how one must understand the nature of the anti-nuclear arguments to meet them effectively.

Inauguration of Urenco's Centrifuge Equipment Plants

In 1974, after four years of combined international development work, Urenco Limited and Centec GmbH, the arms of the British-Dutch-German centrifuge project, started construction of the two 200-tonne commercial plants. The technology and economics of these plants have been based on extensive experience gained from the two pilot plants developed at Alemc by Uranit GmbH and Ultra Centrifuge



Nederland, the German and Dutch partners, and the one at Capenhurst belonging to British Nuclear Fuels Limited, the British partner.

Following the commissioning of these first two commercial plants further capacity will be installed to reach a total of 2000 tonne per annum of separative work by the early 1980's. Eventually, a productive capacity of 10,000 tonne per annum will be reached.

In concept the two plants are very similar. A single feed station distributes UF<sub>6</sub> to the centrifuges which are arranged in cascades, the cascades in turn being grouped together into operational units. Each unit is served by its own take-off system and can therefore be operated independently. All the services are grouped together in rooms separate from the cascade halls. This minimises operator intervention in the centrifuge area and, because of the low uranium inventory of the cascades, facilitates nuclear safeguarding of the plants. Control is effected from a central control room where visual displays indicate the status of the plant and from where all the main process valves are remotely operated. The plants have nominal capacities of 200 tonne of separative work per annum with product assays in the range 2% - 4% U<sub>235</sub> and mean tails assay around 0.25% U<sub>235</sub>. This output is sufficient to provide fuel for two nuclear power plants each of which would be able to power a large town.

A principal feature of Urenco's plants is the modular method of construction. This concept is feasible because the centrifuge process achieves the required degree of enrichment efficiently and economically with quite small units of capacity. The modest size of an economic increment of capacity means that plants can be built on a short time scale so making it possible to respond more easily to changing market conditions, and also enabling advances in centrifuge technology to be incorporated in the plants during the construction period. The gradual commitment of capital and the early return on investment make the modular system commercially attractive.

A further important advantage of the centrifuge process of enrichment over the diffusion process is its higher efficiency in terms of electrical power consumption. A centrifuge plant requires only a relatively small power input, such as can be provided from a country's power grid without significant impact. This contrasts with the very poor electrical efficiency of the older diffusion process which requires 15 to 20 times as much power per unit of separation, and necessitates the construction of specific major power stations.

Centrifuge plants are intrinsically safe and have an environmental impact comparable with a conventional light engineering factory. The two Urenco plants fully meet all planning regulations and easily blend into the local landscape. Because the power consumption of the centrifuge is low, neither plant requires large obtrusive cooling towers or rows of giant electricity pylons.

The process concept is based on the principle that once the cascades are commissioned, the centrifuges will be left undisturbed to run continuously for upwards of ten years, so no routine maintenance of centrifuges is required. The natural annual failure rate has shown steady improvement from the design figure of 1% per annum; with some of the latest centrifuges, the annual failure rate is down to 0.1% as experience has been gained in centrifuge manufacture.

A. J. Abraham, Nov 1977

Publications of Interest

Pocock, M, The History of Nuclear Power in the UK, Unwin Bros and Institution of Nuclear Engineers, 1977. Paper back £5.10, case bound £12.80

Members will also wish to note the coming change of name of the Journal of the British Nuclear Energy Society (BNES Journal) which from January 1978 will be known simply as Nuclear Energy.

Energy - Global Prospects 1985-2000, McGraw Hill 1977 (£8.75) - a study by the workshop of Alternative Energy Strategies (direction Prof Carroll Wilson, MIT).

"Soft Energy Paths-Towards a Durable Peace", A B Lovins, July 1977

"Soft versus Hard Energy Paths: 10 Critical Essays", Charles Yulish and Assoc, New York, 1977.

The German codes of practice for pressure vessels, AD-Merkblaetter and VBG 17 have now been translated into english and are available, with an updating service, from the British Institute of Standards.

"Le Nucleaire en Question", based on the ANS document "Nuclear Power and the Environment - Questions and Answers", published by RGN, 48 rue de la Procession, 75724 Paris Cedex 15, prix 15 F

## INTERNATIONAL NEWS

Reappointment of Director-General IAEA

Dr Sigvard Eklund was reappointed to a fifth term of office at the IAEA General Conference in October, a further four year term.

Systeme International d'Unités

The difficulty over the new radiation absorption (dose) units has been resolved. We now have:

The gray (Gy), absorbed dose, 1 J/kg (100 rad)

The sievert (Sv), dose equivalent, 1 J/kg (100 rem), with weighting factors for different radiations etc.

Members will already be familiar with the SI unit replacing the curie, that is, the becquerel (Bq), 1 disintegration per second. These names now honour the French physicist Becquerel, the English physicist Gray and the Swedish physicist Sievert.

## NEWS OF MEMBER SOCIETIES

The Finnish Nuclear Society visited France 20-28 October 1977, on a trip arranged by their hosts, the CEA, to inspect a range of nuclear facilities including La Hague reprocessing plant.

The British Nuclear Energy Society issue their second call for the International Conference "Vibration in Nuclear Plant", at Keswick in the English Lake District, 9-12 May 1978. The conference is in association with the AEA who have made tours possible of the Windscale Development Laboratories.

## THE ENS DIARY : FUTURE EVENTS OF INTEREST

## DECEMBER

5 - 9

Safety of Nuclear Ships, Hamburg

15

Finnish Nuclear Society lecture meeting

1978

## MARCH

6 - 10

IAEA Export of Nuclear Power Plants, Vienna

15

"Safety Criteria for Nuclear Power Plants in the UK",  
Mr R Gausden, Chief Inspector of Nuclear Installations,  
London - Inst Nuclear Engineers

16

"Training and Education for the Nuclear Industry"  
Institution Nuclear Engineers' Day Seminar, London, UK

## APRIL

10 - 14

IAEA Liquid Metal Fast Breeders, Bologna

24 - 28

IAEA Nuclear Control and Instrumentation, Cannes

## MAY

22 - 26

International Congress: Société Française de  
Radioprotection, Nainville-les-Roche

## JUNE

15

Plutonium Recycling, SFEN/SFANS

18 - 23

ANS Annual Meeting, San Diego, California

26 - 30

IAEA Radiation Protection Monitoring, Stockholm

27 - 29

BNES/ANS/ASTM International Conference: Zirconium in  
the Nuclear Industry, Stratford-on-Avon, UK

## AUGUST

23 - 30

IAEA Plasma Physics, Innsbruck

## SEPTEMBER

5 - 8

Second International Colloquium on Electron Beam Welding, Avignon, France (Secretary: M Buffereau, Commissariat a L'Energie Atomique, DMDIN DP 2 91190 Gif sur Yvette, France)

17 - 21

IAEA General Conference, Vienna

## OCTOBER

3 - 7

Nuclex '78, Basle

16 - 19

Nuclear Reactor Safety, ANS Belgium/ENS, Brussels, Belgium

13 - 17

IAEA/NEA Decommissioning Nuclear Facilities, Vienna

1979

## MAY

6 - 9

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

## AUG

Co-sponsored ANS and ENS Topical Meeting in Seattle, Washington, USA, on Fast Reactor Safety.

## MEETINGS PLANNED FOR 1979 BY THE IAEA

Physics and Chemistry of Fission

Thermodynamics of Nuclear Materials

Disposal of Radioactive Wastes

Handling of High Alpha-active Wastes

Uranium Evaluation and Mining Techniques

Manpower Requirements for Nuclear Power

Fast Reactor Physics

Reprocessing Irradiated Fuel and its Alternatives

## NEWS OF ENS COMMITTEES

Steering Committee and Annual General Meeting - Hanover - 5 April 1978

At the Steering Committee meeting in Rome on 24 October, a decision in principle (and subject to satisfactory financial arrangements) was reached to join with the American Nuclear Society in publishing on a joint ownership basis the journal Nuclear Science and Technology. At this meeting, the host, Professor Carlo Salvetti, Vice President of the Committee Nazionale per Energia Nucleare, was appointed to the vacancy of Vice President.

The Planning Committee, under the Chairmanship of Dr Gordon Brown, met in London in October. Major recommendations had included the pursual of the concept of a Public Information Workshop and activities in the general field of public information. The Steering Committee formally established the Public Information Committee as a standing committee of the ENS. This upgraded its previous status as an ad hoc committee. The opportunity was taken to thank M. P. A. Torreau for his chairmanship of the committee during this formative stage.

## OFFICERS OF THE ENS

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

Immediate Past President M Alain Colomb

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

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

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

Letters and material for publication should be addressed to:  
Editor ENS Newsletter (Dr. J Lewins), Hughes Parry Hall, Cartwright Gardens, London WC1H 9EF : Tel (01) 387 1477 Telex: SENLIB G 269400  
or via ENS member societies

Subscription Arrangements

Two copies of the Newsletter are sent to each organisation member and one to each supporting member of the ENS. Further copies may be obtained at cost by these member on enquiry of the Editor. The Newsletter on tape is available to ENS Societies, for reproduction on Flexowriter machines etc (7-hole paper tape).

## KOTIMAAN TAPAHTUMIA

### LOVIISA 1:N TILANNE

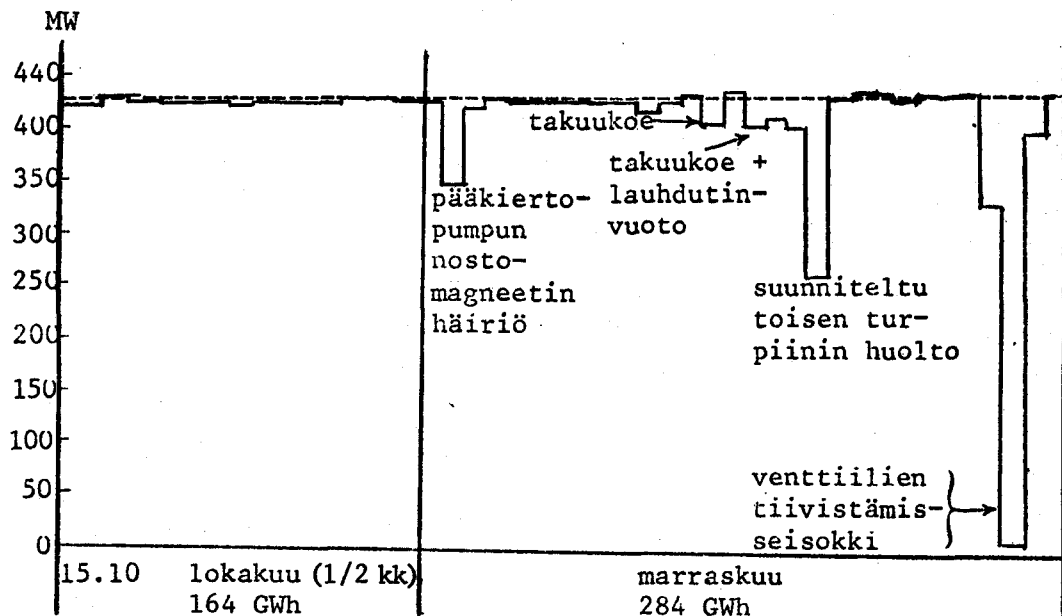
Edellinen Loviisa 1:n tilanneraportti esitettiin marraskuun ATS-lehdessä ajalta 1.7. - 15.10.1977.

Jakson 15.10. - 30.11.1977 käyttöhistoria on alla olevassa kuvassa.

Marraskuussa oli hiukan enemmän häiriöitä kuin aikaisempina kuukausina. Käytettävyys oli silti 96,6 %, ja käyttökerroin 84,6 % laskettuna siten, että 92 % vastaisi keskimääräistä maksimitehoä 430 MW, 89 % laskettuna nimellistehosta 440 MW.

28. - 29.11. suoritettiin useiden sekundääripuolen venttiileiden tiivistäminen, joka vaati n. yhden vuorokauden kuumen seisokin. Tällöin oli kulunut 100 päivää edellisestä pysähdyksestä, mikä on suhteellisen pitkä aika mille tahansa suurvoimalaitokselle.

### LOVIISA 1:N VUOROKAUTINEN KESKITEHO 15.10. - 30.11.1977



--- = Säteilyturvallisuuslaitoksen asettama tehorajoitus 92 % reaktoritehosta

## UUDENLAINEN ENERGIAPOLITIIKAN NEUVOSTO ASETETTU

Lokakuun lopussa annettu asetus lakkautti energiapolitiikan neuvottelukunnan ja toi tilalle poliittisen parlamentaariselta pohjalta muodostettavan energiapolitiikan neuvoston. Neuvosto toimii KTM:n yhteydessä.

Neuvoston puheenjohtajana toimii kauppa- ja teollisuusministeri ja varapuheenjohtajana valtioneuvoston määräämä muu ministeri. Neuvostolla on 15 muuta jäsentä, jotka henkilökohtaisine varamiehineen valtioneuvosto kutsuu eduskunnan vaalikaudeksi kerrallaan ottaen huomioon eduskunnan voimasuhteet.

Käsiteltävänä olevien asioiden vaatima asiantuntemus ja eri etupiirien näkökantojen esille tulo varmistetaan siten, että valtioneuvosto kutsuu neuvostoon varsinaisten jäsenten lisäksi enintään kahdeksan pysyvää asiantuntijaa, joilla on neuvoston kokouksissa läsnäolo- ja puheoikeus. Lisäksi neuvosto voi KTM:n luvalla kutsua jaostojensa jäseniksi neuvostoon kuulumattomia henkilöitä.

Neuvostolle ei ole tarkoitus koota erillistä sihteeristöä, vaan neuvoston pääsihteerin ja muun sihteeristön valitaan KTM:n virkamiesten piiristä.

Lähde: Energiakatsaus 4/1977

## SUOMEN ENERGIATALOUDEN KEHITYS TAMMI-SYYSKUUSSA 1977

Energian kokonaiskulutus on kasvanut yli 2 % edellisen vuoden vastaavaan aikaan verrattuna. Sähkön kulutus on lisääntynyt 2,4 %. Molempien kulutuksen kasvu on ollut nopeampaa kuin bruttokansantuotteen.

Kotimaisen energian osuus on lähinnä vesivoiman tuotannon kasvun ansiosta nousut viime vuodesta ollen nyt 28 %. Turpeen käyttö on kasvanut 60 %, mutta energian tuotanto-osuus oli silti vasta 0,60 %.

Liikenteen energian kulutus on kääntynyt nousuun, teollisuuden polttoaineiden kulutus on viime vuoden tasolla ja muu energian käyttö on lisääntynyt kokonaiskulutusta nopeammin.

Sähkön kotimainen tuotanto lisääntyi 15 %, sillä nettotuonti supistui neljänneksen edellisestä vuodesta. Vesivoiman tuotanto kasvoi yli 20 %, edustaen 38 % koko hankinnasta.

Ydinvoiman osuus sähkön hankinnasta oli tammi-syyskuussa jo 7 %, mikä vastaa 2 % kokonaisenergiasta.

Syyskuussa oli rakenteilla ydinvoimalaitosten lisäksi tavallisia voimalaitoksia 460 MW. Yhteensä kapasiteettia oli siis rakenteilla 2200 MW.

Energian osuus kokonaistuonnista on edelleen noussut. Arvo oli tammi-syyskuussa 4,8 Gmk mikä on 22 % tuonnin kokonaisarvosta (19 % v. 1976).

Lähde Energiakatsaus 4/1977

## YDINTEKNIikka JA ENERGIA VALTION V. 1978 BUDJETTIESITYKSESSÄ

Ydintekniikan tutkimus- ja kehitystoiminnan tärkein rahoituslähde, KTM:n energiahuolto- ja tutkimukset-momentti, on saanut kokea valtion talouden vaikean tilan: varoja löytynee vain noin 10,5 Mmk. Kun otetaan huomioon tänä vuonna toteutetut budjettisiirrot säteilyturvallisuuslaitokselle ja teknillisen korkeakoulun kirjastolle, voidaan laskeskella määrärahan pysyneen olennaisesti vuoden 1977 tasolla. Kun samanlainen suuntaus ilmenee valtion teknillisen tutkimuskeskuksen määrärahoissa, jotka ovat ydintekniikan alan toiminnan rahoituksen toinen päälähte, voitaneen päätellä, että ydintekniikan julkinen rahoitus on reaaliarvoltaan alenemassa.

Energiahuolto- ja tutkimukset-momentilta liikenee muuhun kuin ydintekniikkaan, erityisesti energian käyttöä ja kotimaisia energialähteitä koskevaan tutkimustoimintaan, ensi vuonna n. 4 Mmk, mikä merkitsee kuluvaan vuoteen verrattuna huomattavaa kasvua. Käytettävä rahamäärä on silti kansainvälisesti verraten hyvin pieni. Tutkimusideoista ei ainakaan ole puutetta, sillä näistä määrärahoista on haettu tukea yli 200:aan hankeeseen lähes kymmenkertaisesti käytettävissä olevan määrärahan ylittävästi.

Välittömästi energiatalouteen osoitettujen varojen kokonaissumma on n. 52 Mmk, missä on lisäystä edelliseen vuoteen vain n. 1 %. Energiatalous saa tämän lisäksi varoja mm. valtionyhtiöiden osakepääomien korotusten ja valtion viirastojen ja laitosten käyttö- ja sijoitusrahoituksen kautta.

Vastapainoksi valtio laskee v. 1978 saavansa tuloja polttoaineiden valmisteverosta yli 2 Gmk ja paljon puhutusta sähköverostakin yli 200...300 Mmk.

Lähteet: Valtion tulo- ja menoarvioesitys vuodelle 1978 sekä Energiakatsaus 4/1977



Voimalaitos-  
osasto

H Väyrynen/AmL 9.12.1977

**KOULUTUSSIMULAATTORI LOVIISAAN**

Loviisan voimalaitoksen käyttöhenkilökunnan koulutus-  
tarpeita varten on IVO päättänyt hankkia suuren koulu-  
tussimulaattorin, jolla voidaan laitoksen toimintaa  
häiritsemättä harjoitella laitoksen käyttötekniikkaa  
erilaisissa käyttötilanteissa. Hankkeen toteuttami-  
seksi IVO on solminut hankintasopimukset Oy Nokia Ab  
Elektroniikan kanssa simulaattoritietokoneen ja sen  
ohjelmiston osalta sekä Siemens Oy:n kanssa valvomo-  
laitteiden osalta. VTT:n kanssa tehtyjen sopimusten  
perusteella VTT:n sähkötekniikan laboratorio osallis-  
tuu IVO:n hankkijana ja konsulttina projektiin merkit-  
tävällä työpanoksella. VTT:n asiantuntijoilla on kes-  
keinen asema prosessin simulointimallien kehittämisessä.

Hankkeen tausta ja vaiheet

Ensimmäiset Loviisan voimalaitoksen mahdollista kou-  
lutussimulaattoria koskevat muistiot löytyvät IVO:n  
arkistosta jo vuoden 1971 lopulta, jolloin laitoksen  
käyttöhenkilökunnan koulutussuunnittelu oli aloitettu.  
Tämän jälkeen on lähinnä Loviisan nykyisen käyttöpääl-  
likön johdolla ja yhteistyössä VTT:n kanssa selvitelty

- toteutusvaihtoehtoja,
- saatavaa hyötyä,
- osallistumismahdollisuuksia ulkomaisiin  
simulaattorihankkeisiin,
- kustannuksia ja rahoitusta, ym.

Alustavien selvitysten jälkeen lähetettiin tarjouspyynnöt toimittajille 15.10.1974. Kolmesta tarjoajasta valittiin toimittajaksi ainoa kotimainen, Oy Nokia Ab Elektroniikka, joka on toimittanut myös Loviisan voimalaitoksen prosessitietokonejärjestelmän.

Järjestelmän toimittajan tultua valituksi ei projektin toteutusta päästy kuitenkaan aloittamaan, johtuen lähinnä suunnitellun valtion rahoitusosuuden kohtaamasta vastatuulesta. Muita näkyvissä olevia hanketta hidastavia tekijöitä olivat vapautettavissa olevien henkilöresurssien niukkuus Loviisa I-projektin kuluessa sekä vaikeudet simulointimallien kehittämiseksi tarvittavien tietojen saamisessa. Samalla jouduttiin luopumaan toiveista järjestelmän saamisesta käyttöön edes toisen laitoksen käyttökunnan alkukoulutukseen.

Hankkeen pitämiseksi vireillä lopullisen toteutuspäätöksen lykkäytymisen ajan laadittiin järjestelmälle yksityiskohtaiset alustavat toiminnalliset määrittelyt IVO:n, VTT:n ja Nokian välisenä yhteistyönä. Työ kesti 4 kk ja saatiin päätökseen v 1976 alussa. Neuvottelut hankintasopimuksesta käynnistettiin Nokian kanssa puoli vuotta myöhemmin, esisopimus allekirjoitettiin tammikuussa 1977 ja lopullinen sopimus 29.4.1977. Hankintasopimuksella Siemens Oy:n kanssa sovittiin elokuussa -77 simulaattorin valvomolaitteiden toimituksesta ja asennuksesta.

Loviisan käyttökunnan jatkuvia koulutusmahdollisuuksia arvioitaessa on pidettävä mielessä itse laitoksen ainutkertaisuus: Sen valvontafilosofia on syntynyt eri maissa omaksuttujen käytäntöjen pohjalta. Itse prosessi on monimutkainen, lähinnä käsikäyttöiseksi suunniteltu monine erilaisine käyttö- ja kytkentätapoineen. Prosessin korkea automaatioaste on tyypillinen saksalainen piirre. Monipuolinen ja laaja

prosessitietokonejärjestelmä lukuisine valvomokuvaputkineen on keskeisessä asemassa prosessitiedon keräämisessä, muokkaamisessa ja esittämisessä operaattorille ja sen esikuvat ovat ensisijaisesti Englannissa. Laitoksen toteutuksessa on noudatettu amerikkalaisiin standardeihin perustuvaa turvallisuusfilosofiaa.

Em seikkojen takia harjoittelulla muilla ydinvoimalaitoksilla voidaan tyydyttää ainoastaan operaattorien peruskoulutustarvetta. Sama koskee myös muiden laitosten operaattorien kouluttamista Loviisan simulaattorilla.

#### Simulaattorijärjestelmän pääpiirteet

Koko järjestelmän periaatekaavio on esitetty kuvassa 1 ja sen tietokonejärjestelmän kuvassa 2.

Simulaattorivalvomo, jossa operaattorien harjoittelu tapahtuu, rakennetaan mitoiltaan ja laitteiltaan mahdollisimman identtiseksi Loviisa 1:n valvomon kanssa. Oleellisia eroja ovat simuloinnin epätäydellisyyden takia pois jäävien valvomolaitteiden korvaaminen valokuvilla sekä neuvostoliittolaisten laitteiden korvaaminen länsimaisilla.

Opettajan pöydän laitteiden avulla opettaja pystyy valitsemaan laitoksen harjoiteltavan käyttötilanteen, aiheuttamaan siihen haluamiaan instrumentti- tai prosessihäiriöitä, muuttamaan parametrien arvoja, valvomaan operaattorin työskentelyä CRT-näyttöjen avulla, valvomaan simulaattorin toimintaa, tallentamaan haluamansa simulaattorin tilan levymuistiin, keskeyttämään simuloinnin, ajamaan taaksepäin johonkin automaattisesti tallennettuun välitilaan, jatkamaan simulointia uudelleen, ajamaan simulointia askelittain ym. Opettajan

pöytä sijoitetaan siten, että sen äärestä on suora näköyhteys valvomolaitteisiin ilman, että se häiritsee valvomoharjoittelua.

Simulaattorin tietokonejärjestelmä muodostuu kahdesta osajärjestelmästä:

- PDP11/70-järjestelmä, jolla tapahtuu prosessin sekä sen instrumentoinnin ja automatiikan simulointi, ja
- Argus 500 -järjestelmä, jolla on sama asema simulaattorissa kuin prosessitietokoneella itse laitoksessa. Prosessitietokoneen ohjelmisto siirretään osittain modifioituna tähän järjestelmään.

Kumpikin PDP11/70-järjestelmä varustetaan

- 128 kword (256 kbyte) ydinmuistilla
  - liukuvan pilkun prosessorilla
  - 80 Mbyte levymuistilla
- sekä yhteisellä
- 32 kword (64 kbyte) 4-porttimuistilla.

Argus 500-järjestelmään kuuluu mm

- 32 kword ydinmuisti (24 bitin sananpituus)
- 4 Mbyte levymuisti
- 10 kpl näyttölaitteita.

Interface-järjestelmää eli simulaattorin I/O-järjestelmää ohjaa PDP-11-järjestelmä. Se yhdistää tietokonejärjestelmän valvomon ja opettajan pöydän laitteisiin ja siihen kuuluu n seuraavat määrät I/O-kanavia:

analogiasisäänmenoja	7
analogiaulostuloja	300
binäärisisäänmenoja	1600
binääriulostuloja	3000

Em lukumääriä mittapuuna käyttäen, muistaen samalla, että suuri määrä viestejä Loviisan voimalaitoksella ja myös simulaattorissa välitetään valvomoon ainoastaan Argus-järjestelmän kautta, voidaan Loviisan koulutussimulaattoria pitää perustellusti lajissaan varsin laajana ja ns täysimittakaavaisena koulutussimulaattorina.

Simulaattorivalvomo toteutetaan mitoiltaan ja rakenteeltaan samanlaisena kuin voimalaitoksenkin pääosin Siemensin Kompaktwarte-tekniikkaa käyttäen. Ne osat paneleita ja ohjauspulpettia, jotka simulaattorissa jäävät passiivisiksi, jätetään kalustamatta ja peitetään vastaavien laitoksen valvomon osien valokuvilla.

Simulaattorijärjestelmän lopullinen sijoituspaikka on vielä ratkaisematta, sen kehittäminen, rakentaminen ja l. vastaanotto tapahtuu Nokian tiloissa Pitäjänmäellä. Sen todennäköisin sijoitusvaihtoehto on erillinen simulaattorirakennus Loviisan voimalaitoksen alueella.

#### Tietokoneohjelmistot

On selvää, että koulutusmäärästä oleellisesti tinkimättä voidaan simulaattorijärjestelmää yksinkertaistaa todelliseen verrattuna ja kustannuksia täten merkittävästi säästää. Näin on Loviisan simulaattorissa voitu I/O-järjestelmän kautta (Argus-järjestelmästä riippumatta) valvomoon tulevien tai sieltä lähtevien viestien kokonaismäärä pudottaa n 30 %:iin.

Toiminnallisia spesifikaatioita laadittaessa käytettiin kaikkia seuraavia prosessien yksinkertaistamis- mahdollisuuksia:

- osajärjestelmän poistaminen (esim. höyrygeneraattorien ulospuhallus),
- toimintatapojen vähentäminen (esim. järjestelmien täyttö- ja tyhjennysvaiheet),
- redundanttisten järjestelmien ja instrumenttien poistaminen,
- peräkkäisten osajärjestelmien korvaaminen yhdellä ekvivalentilla osajärjestelmällä,
- identtisten rinnakkaisten reittien korvaaminen yhdellä ekvivalentilla järjestelmällä (esim. kuuden pääkiertopiirin yhdistäminen kolmen piirin 1+1+4-järjestelmäksi),
- osajärjestelmän ideaalinen ja häiriötön toiminta,
- muutokset alkuperäiseen instrumentointiin.

Simulointimallien kehittämiseksi koko laitos on jaettu seuraavasti osajärjestelmiin:

1. Primääripiiri ja sen apujärjestelmät  
- 19 osajärjestelmää
2. Sekundääripiiri ja sen apujärjestelmät  
- 15 osajärjestelmää
3. Sähköjärjestelmä  
- 8 osajärjestelmää.

Suojaukset ja automatiikat simuloidaan täydellisesti ottaen kuitenkin huomioon vastaavan prosessin osan simulointiasteen. Pääsäättöjärjestelmiä sisällytetään järjestelmään 15 kpl.

Simuloitavia käyttötilanteita ovat:

- normaali steady-state-ajo eri tehotasoilla,
- ylös- ja alasajo, tehonmuutokset,
- erilaiset instrumentti- ja komponenttiviaat ja niistä aiheutuvat häiriötilanteet,
- onnettomuustilanteet.

Laitoksen, ts. sen prosessien, säätöjen, automatiikan ja instrumentoinnin, simulointi tapahtuu yksinomaan PDP11/70-järjestelmässä.

Argus-järjestelmä on jäljennös laitoksen todellisesta prosessitietokonejärjestelmästä. Jälkimmäisellä on laitoksen valvonnassa keskeinen ja monipuolinen asema. Sen "duplikoiminen" tulee halvemmaksi kuin sen toimintojen simulointi muulla tavoin, koska tällöin voidaan ohjelmia siirtää mahdollisimman vähäisin muutoksin laitoksen prosessitietokoneelta simulaattorin "prosessitietokoneelle".

#### Projektin toteutus

Simulaattorijärjestelmän omistaja tulee olemaan IVO. Julkista rahoitusta projektissa edustaa KTM:n rahoittama VTT:n työpanos, mistä korvauksena VTT saa sopimuksella määritellyn käyttöoikeuden simulaattoriin sen valmistuttua. VTT:llä on sopimussuhde yksinomaan IVO:n kanssa ja sen henkilökunta toimii projektissa IVO:n edustajana usein eri tavoin.

IVO:n ja Oy Nokia Ab Elektroniikan välinen työnjako on pääpiirteissään seuraava:

## IVO:

- hankkii ja asentaa valvomon laitteet,
- luovuttaa simulointimallien kehitystyöhön Nokian projektiorganisaatioon resursseja (sekä omaa että VTT:n henkilökuntaa),
- kerää ja muokkaa Nokian tarvitseman teknillisen informaation laitoksesta,
- täsmentää funktionaalisen spesifikaation yhteistyössä Nokian kanssa.

## Nokia:

- vastaa koko simulaattorihjelmiston suunnittelusta ja toteutuksesta,
- hankkii tietokone- ja I/O-laitteet,
- vastaa koko järjestelmän yhteensovituksesta,
- antaa koulutuksen IVO:n tulevalle simulaattorihenkilökunnalle.

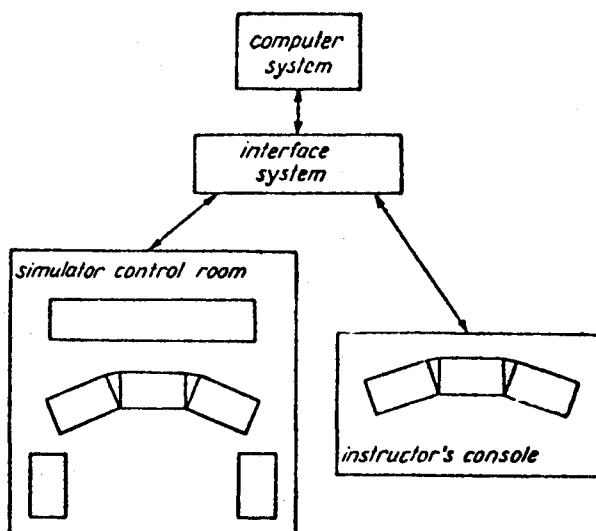
Projektin aikana IVO suunnittelee ja rakentaa tarvittavan simulaattorirakennuksen sekä laatii koulutussuunnitelman simulaattorikoulutuksen pohjaksi.

Projektiaikataulun mukaan järjestelmän vastaanotto Nokian tiloissa tapahtuu v 1979 loppuun mennessä.

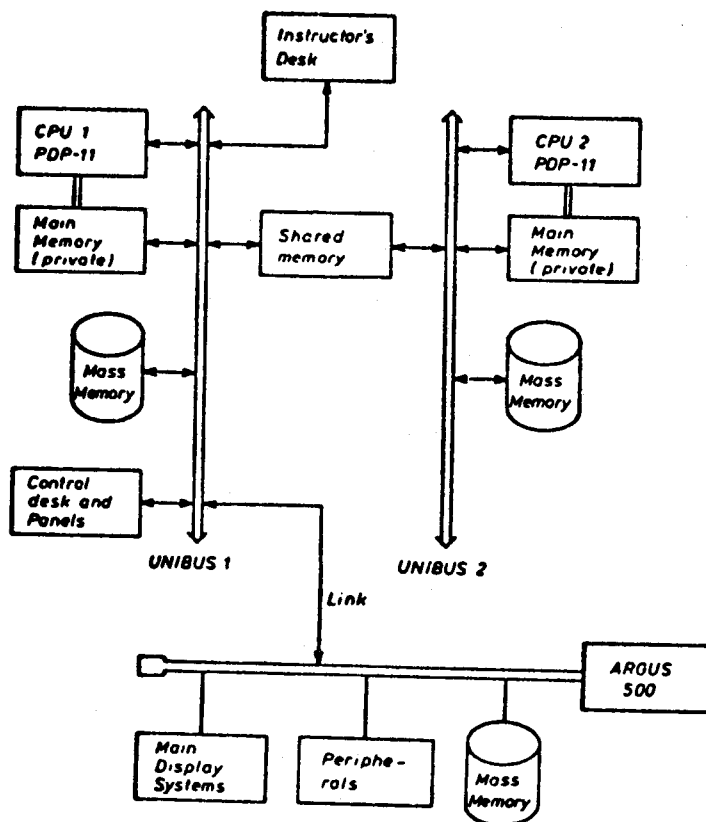
Viitteitä:

1. M.Nevalainen (Nokia), B.Wahlström (VTT),  
M.Winter (IVO):  
On the Specifying of a Training Simulator for the Loviisa Nuclear Power Plant, Esitelmä IAEA:n työryhmän järjestämässä kokouksessa Studsvikissä 27...29.10.1976.





Kuva 1. Simulaattorijärjestelmän periaatekaavio



Kuva 2. Tietokonejärjestelmän periaatekaavio

L. Mattila

RUOTSALAINEN RATKAISUMALLI KÄYTETYSTÄ POLTTOAINEESTA JA KORKEA-AKTIIVISESTA JÄTTEESTÄ HUOLEHTIMISEKSI ESITELTIIN

Nordiska kontaktorganet för atomenergifrågor (NKA), Nordelin ydinvoimajaosto ja ruotsalainen Kärnbränslesäkerhet (KBS)-projekti järjestivät Tukholmassa 14...15 joulukuuta pohjoismaisen seminaarin, jonka pääsisältönä oli KBS-projektin tähänastisten saavutusten esittely. Seminaarin aluksi luotiin katsaus myös muissa pohjoismaissa ja maailmalla vallitsevaan tilanteeseen.

Seminaari oli houkutellut noin 300 osanottajaa, joista valtaosa oli tietenkin Ruotsista, mutta kaikista muistakin pohjoismaista sentään kustakin 15...25.

KBS-projektia samoin kuin myös pitkäaikaisempaa Programrådet för Radioaktivt Avfall (PRAV)-neuvostoa esitteli I. Mikkola ATS Ydintekniikan tämän vuoden numerossa 1. Toistettakoon lyhyesti, että KBS on ruotsalaisten ydinvoimalaitoksia omistavien voimayhtiöiden yhteisprojekti, jonka tavoitteena on vastata Ruotsissa annetun ns. villkorslagenin asettamiin käytetyn ydinpolttoaineen ja siitä mahdollisessa jälleenkäsittelyssä syntyvän korkea-aktiivisen jätteen käsittelyä ja loppuvarastointia koskeviin kysymyksiin. Hyväksytyt selvitykset tarvittavien toimenpiteiden toteutettavuudesta ja turvallisuudesta on edellytyksenä uusien ydinvoimalaitosten käyttöönoton sallimiselle.

Nyt julkistettiin ratkaisumalli vaihtoehdolle, jossa käytetty ydinpolttoaine jälleenkäsitellään. Koska jälleenkäsittelysopimuksia ei kuitenkaan nykyisessä tilanteessa ole voitu solmia polttoaineelle, joka poistetaan reaktorista 1970-luvun jälkeen, projekti selvittää myös vaihtoehdon, jossa käytetty kapseloitu polttoaine loppusijoitetaan sellaisenaan. Nyt julkistetun ensimmäisen KBS-raportin yleisessä osassa kuvataan myös tätä ratkaisumallia kehittävä työ nykytilanne.

Seminaarin kaikille osanottajille jaettiin ensimmäisen KBS-raportin "För-glasat avfall från uppärbätning" osa I Allmän del. Muita osia - II Geologi, III Anläggningar, IV Säkerhetsanalys ja II Utländsk verksamhet - oli saatu painatettua vasta pieni määrä. Ohessa julkaistaan yleisestä raportista kopioituna yhteenveto-osa, yleisen osan sisällysluettelo sekä muutamia valittuja, lähinnä ehdotettuja rakenneratkaisuja havainnollistavia kuvia.

# KÄRNBRÄNSLECYKELNS SLUTSTEG

## FÖRGLASAT AVFALL FRÅN UPPARBETNING

### SAMMANFATTNING

Den s k villkorslagen ställer som krav att nya kärnkraftaggregat inte får tas i drift, om inte innehavaren kan visa att avfallsfrågan lösts på ett helt säkert sätt. Uppgiften att utreda och klarlägga hur det radioaktiva avfallet från kärnkraftverken bör hanteras och förvaras låg tidigare på det statliga programrådet för radioaktivt avfall, PRAV. Det bildades i november 1975 på förslag av Aka-utredningen. Med anledning av propositionen för villkorslagen beslöt kraftindustrin i december 1976 att med för tur gripa sig an hithörande frågor och bildade därför projekt Kärnbränslesäkerhet, KBS. En första rapport från KBS - "Kärnbränslecykelns slutsteg, förglasat avfall från upparbetning" - framläggs härmed.

#### Villkorslagens krav på helt säker förvaring

Enligt villkorslagen krävs att reaktorinnehavaren visar hur och var en helt säker slutlig förvaring av det vid upparbetning erhållna avfallet eller av använt, ej upparbetat kärnbränsle kan ske. "Förvaringsplatsen skall kunna anordnas så att avfallet eller det använda kärnbränslet isoleras för så lång tid som behövs för att aktiviteten skall ha minskat till ofarlig nivå". "Kraven innebär att sådana åtgärder bör vidtas, som under alla faser av hanteringen av det använda kärnbränslet, kan säkra att skador inte uppkommer på det ekologiska systemet".

I strikt mening kan ingen mänsklig verksamhet sägas vara helt säker. Att en sådan tolkning av villkorslagens uttryckssätt inte heller avses framgå av formuleringen i propositionens specialmotivering att avfallsförvaringen skall uppfylla "de krav som ställs från strålskyddssynpunkt och som syftar till skydd mot strålnings-skador". Frågor om skydd mot strålskador regleras enligt strålskyddslagen. Detta innebär, att de krav, som ställs på hantering och förvaring av högaktivt avfall, i princip är desamma som gäller för andra verksamheter som har med hantering av radioaktiva ämnen att göra.

Begreppet "helt säker" diskuteras även i Näringsutskottets betänkande om villkorslagen. Utskottets uttalande, som även blev riksdagens, överensstämmer med det synsätt som ovan redovisats. Utskottet finner således uttrycket helt säker vara adekvat för den mycket höga säkerhetsnivå som erfordras men finner att en "rent drakonisk tillämpning av säkerhetskravet" inte är åsyftad. Drakonisk betyder "övermåttan sträng, omänsklig".

### Villkorslagens krav på redovisningens omfattning

I specialmotiveringen till villkorslagen anges: "I de beskrivningar, som reaktorns innehavare har att lämna, måste ingående och omfattande uppgifter ges för bedömningen av säkerheten. Det räcker således inte med att översiktliga planer och skisser presenteras. Det bör därutöver konkret anges, i vilken form avfallet eller det använda kärnbränslet avses bli förvarat, hur förvaringsplatsen avses bli ordnad, hur transportererna av det använda kärnbränslet eller avfallet avses ske och i övrigt vad som behövs för att bedöma om den föreslagna slutliga förvaringen kan anses helt säker och möjlig att utföra."

För att uppfylla dessa krav på redovisning presenteras i denna rapport utformningen av anläggningar och transportsystem i hanterings- och förvaringskedjan relativt detaljerat. Vissa delar av denna information är mindre väsentlig för bedömningen av avfallsförvaringens säkerhet, medan andra delar är vitala. En ingående utvärdering ur säkerhetssynpunkt av den föreslagna utformningen redovisas i en säkerhetsanalys. De delar av hanteringen, som genomförs utomlands, redovisas också fast mer översiktligt.

### Villkorslagens alternativ

Villkorslagen kräver en redovisning för hantering och slutlig förvaring antingen av det vid upparbetning erhållna avfallet eller av använt ej upparbetat kärnbränsle. Föreliggande rapport utgör en redovisning av det första alternativet. Framställning till regeringen om tillstånd att tillföra en ny reaktor kärnbränsle baserad på detta alternativ kräver, förutom föreliggande rapport även redovisning av ett avtal, som på ett betryggande sätt tillgodoser behovet av upparbetning av använt kärnbränsle. Redovisning av sådant avtal lämnas inte i denna rapport.

En redovisning av alternativet för använt ej upparbetat bränsle planeras ske under första halvåret 1978.

### Redovisningens utformning

Den nu lämnade redovisningen har uppdelats i fem delar med följande beteckningar

- I Allmän del
- II Geologi
- III Anläggningar
- IV Säkerhetsanalys
- V Utländsk verksamhet

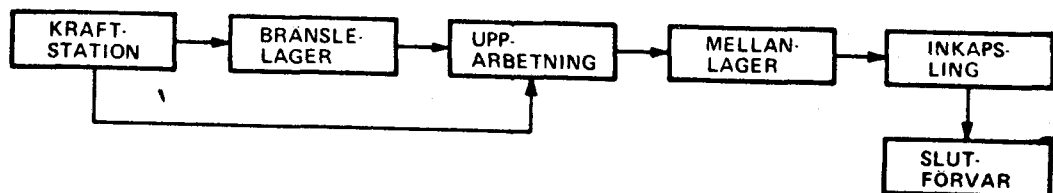
Som underlag för sin redovisning har KBS låtit genomföra ett stort antal tekniskt-vetenskapliga utredningar och undersökningar. Resultaten av dessa publiceras i KBS Tekniska rapporter, av vilka hittills 56 volymer utkommit (se del I, bilaga 3). Dessa tekniska rapporter finns tillgängliga men ingår ej i den föreliggande redovisningen.

Del I (Allmän del) kan läsas fristående från övriga delar. Den utgör i huvudsak en sammanfattning av den mera utförliga redovisningen i delarna II, III och IV.

Kapitel 3 i del I utgör en sammanfattning av redovisningens förslag till hantering och förvaring av kärnbränsle och högaktivt avfall från kärnkraftverkens bränslebassänger till och med den slutliga förvaringen i svensk berggrund.

Kapitel 13 i del I sammanfattar den mer djupgående behandling av säkerhetsanalysen, som lämnas i del IV. I kapitlet sammanfattas bedömningar av hela hanteringskedjans säkerhet ur radiologisk synpunkt. Strålningspåverkan har beräknats för normala förhållanden och för missöden. Speciell vikt har lagts vid de långsiktiga aspekterna på avfallsförvaringen.

#### Kärnbränslecykelns slutsteg



Hanteringskedjan för använt kärnbränsle och högaktivt avfall efter upparbetning illustreras av ovanstående schema.

Till en kärnkraftstation hör alltid förvaringsbassänger för använt kärnbränsle. Dessa behövs dels för att man vid behov skall kunna tömma reaktorn på bränsle, dels för att man skall kunna förvara det använda kärnbränslet innan det sänds till upparbetning eller förvaring på annat håll.

Tillgänglig upparbetningskapacitet är i dag begränsad och det är oklart, i vilken utsträckning upparbetning av använt kärnbränsle kommer att ske. På grund härav är det nödvändigt att bygga ut lagringskapaciteten för använt kärnbränsle. Av ekonomiska skäl och med hänsyn till planeringen av kärnbränslecykelns slutsteg i övrigt, bör utbyggnaden inte göras vid kärnkraftverken, utan ett centralt bränslelager bör uppföras. Behovet härav är oberoende av om det använda kärnbränslet skall upparbetas eller slutförvaras utan upparbetning. I bränslelagret kan bränslet förvaras omkring 10 år.

Radioaktivt avfall måste i regel slutförvaras i det land, där det produceras. Det vid upparbetning erhållna högaktiva avfallet kommer att återsändas till Sverige tidigast år 1990 i förglasad form. Det förglasade avfallet är inneslutet i cylindriska behållare av rostfritt stål med en diameter av 40 cm och en höjd av 1,5 m. Om allt bränsle upparbetas erhålles 9000 cylindrar från 30 års drift av 13 reaktorer.

Avfallscylindrarna avses till en början bli placerade i ett mellanlager för förvaring i minst 30 år innan de överförs till ett slutförvar. I mellanlagret förvaras cylindrarna i torrhet och radioaktiva ämnen kan inte spridas till omgivningen. Under lagringstiden minskar avfallets värmeavgivning till hälften, vilket förenklar slutförvaringen. Mellanlagringen förskjuter även den tidpunkt, då slutförvaringen måste påbörjas, vilket ger ökad handlingsfrihet och tid för optimering av den slutliga förvaringsmetoden. En lagringstid längre än 30 år är fullt möjlig. Detta

överbägs exempelvis i Frankrike. Mellanlagret kräver emellertid en viss övervakning, om än mycket begränsad.

Slutförvaret, som inte behöver tas i bruk förrän tidigast år 2020, förutses bli förlagt i berg ca 500 meter under markytan. Förvaret utformas på sådant sätt att det kan förseglas och till slut överges. I slutförvaret kommer avfallet att utsättas för påverkan av grundvattnet i berget. Efter mellanlagringen och innan avfallscyldrarna överförs till slutförvaret, förses de därför med en kapsel av titan och bly med god korrosionsbeständighet.

Anläggningarna för de olika hanteringsstegen kan grupperas på olika sätt med hänsyn till vad som kommer att bedömas vara mest lämpligt.

Utbränt bränsle har redan transporterats från Sverige till utlandet för upparbetning. Likartade transporter blir också nödvändiga mellan de olika leden i hanteringskedjan. Utformning och anskaffning av behållare och fordon för transporter ingår därför som ett led i avfallshanteringen.

#### Geologiska förutsättningar för ett slutförvar

Omfattande utredningar och undersökningar har genomförts för att bestämma svensk berggrunds förutsättningar för ett slutförvar. Intresset har därvid koncentrerats till urbergsformationer. I andra länder studeras även förläggning i salt, skiffer och lera beroende på respektive lands naturliga förutsättningar.

Fältundersökningar har utförts på fem platser, varav tre utvalts för närmare studier. Ett antal hål har borrats ner till 500 meters djup. Det bör understrykas att arbetet inte syftat till att finna en plats att nu föreslå för lokalisering av ett slutförvar. Arbetet har varit inriktat på att visa att lämplig berggrund finns att tillgå inom landet för utbyggnad av en sådan anläggning.

Avgörande faktorer för bedömning av en bergformations lämplighet för ett slutförvar är dess täthet och hållfasthet, grundvattnets sammansättning och rörelsemönster samt fördröjningseffekter på radioaktiva ämnen vid grundvattnets passage genom sprickor i berget. Av speciellt intresse är också risken för sådana rörelser i berget som skulle kunna påverka grundvattnets rörelser eller skada det kapslade avfallet.

Med hänsyn till dessa faktorer bedöms ca 500 meters djup vara en lämplig nivå. På detta djup är berggrunden mindre sprickig och vattengenomsläpplig än närmare ytan. Denna nivå ger också ett helt tillfredsställande skydd mot krigshandlingar och extrema händelser som meteoritnedslag och effekter av en kommande istid.

De utförda utredningarna och undersökningarna har visat, att de tre utvalda försöksområdena erbjuder de erforderliga grundläggande förutsättningar, som krävs för ett säkert slutförvar. Berggrunden uppbyggs inom dessa områden av Sveriges vanligaste bergarter - granit, gnejs och förgnejsad granit - varför man kan räkna med att bergformationer med motsvarande förutsättningar även finns att tillgå på ett flertal andra platser i landet.

## Hanteringskedjans säkerhet

Den omfattande säkerhetsanalys som utförts har visat att den spridning av radioaktiva ämnen, som skulle kunna ske vid normal drift eller vid missöden i de olika stegen i hanteringskedjan inom Sverige, är obetydlig i jämförelse med motsvarande förhållanden vid ett kärnkraftverk. Detta sammanhänger med att det förglasade avfallet har låg temperatur och är inkapslat utan övertryck, varför förutsättningar saknas för en plötslig och kraftig frigörelse av radioaktivitet. Säkerheten i de led som genomförs utomlands (upparbetning och förglasning) bedöms av respektive lands myndigheter och i denna rapport behandlas dessa led mera översiktligt.

Spridning av radioaktiva ämnen från ett slutförvar kan endast ske med grundvattnet. Slutförvaret måste anordnas så att en sådan spridning inte kan förorsaka skador på det ekologiska systemet. Det är därvid av betydelse att aktiviteten hos de radioaktiva ämnen som ingår i avfallet avtar mycket långsamt. Slutförvaret utformas därför så att spridningen av dessa ämnen antingen förhindras eller fördröjs under avsevärd tid. Därigenom säkerställs att de halter som når biosfären är ofarliga. Av denna anledning är slutförvaret utformat med en rad successiva barriärer.

För att radioaktiva ämnen i avfallet skall kunna läcka ut till omgivningen måste grundvattnet först tränga igenom såväl kapseln av titan och bly som behållaren av rostfritt stål. Dessa material har utomordentligt god korrosionsbeständighet. Avfallscylindrarna placeras i hål borrhade i berg av god kvalitet och omges av ett fyllnadsmaterial (buffertmaterial) som består av kvartssand och bentonit. Genom att buffertmaterialet har låg vattengenomsläpplighet, kommer mycket små vattenmängder att kunna påverka det kapslade avfallet.

Vid genombrott av inkapslingen och den rostfria behållaren kan grundvattnet påverka det förglasade avfallet. Glasets emellertid mycket låga utlakningshastighet vid de förhållanden som råder i slutförvaret.

Grundvattnets låga strömningshastighet, den långa väg vattnet måste tillryggalägga för att nå upp till biosfären och kemiska processer i bergets sprickssystem och i buffertmaterialet utgör effektiva barriärer som förhindrar och fördröjer spridningen av de radioaktiva ämnena. Före inflödet i biosfären sker dessutom en utspädning i stora grundvattenvolymer.

Säkerheten vid slutförvaring av högaktivt avfall är den dominerande säkerhetsfrågan. Analysen härav baseras i varje led, där osäkerhet förelegat, på förutsättningar och data som ger betryggande säkerhetsmarginal. Baserat härpå har möjliga spridningsvägar till biosfären studerats i säkerhetsanalysen och den grupp människor, som kan erhålla den största strålningspåverkan, har identifierats (kritisk grupp). Den kritiska gruppen utgörs av personer som tar sitt dricksvatten ur en djupborrad brunn i förvarets närhet. Denna grupp kan under ogynnsamma omständigheter komma att utsättas för en högsta tillkommande bestrålning, individuellt, på 13 millirem per år.

Det högsta tillkommande dostillskottet på 13 millirem per år inträffar först efter ca 200 000 år. Denna långa tid förorsakas av fördröjningsmekanismerna vid spridning genom buffertmaterial och berg av de radioaktiva ämnen, som ger de högsta dostillskotten. Med vissa i säkerhetsanalysen redovisade antaganden skulle radioaktiva ämnen, som inte fördröjs i förhållande till vattnets strömning i berggrunden, kunna komma i kontakt med biosfären redan efter några 100-tal år. Det dostillskott, som härvid uppkommer, är väsentligt lägre än ovan redovisade värde.

Individ dosen 13 millirem är betydligt lägre än vad den internationella strålskyddskommissionen (ICRP) rekommenderar som övre gräns för tillåtliga dostillskott till enskilda individer nämligen 500 millirem/år. Denna begränsning avser att skydda individen mot sena strålskador som cancer och ärftliga förändringar.

För drift av kärnkraftverk tillämpar myndigheterna lägre gränsvärden. I Sverige kan krav på driftbegränsningar och andra åtgärder komma att ställas, om dostillskottet tenderar att överskrida 50 millirem per år till de människor, som bor nära kraftverket.

För att så långt det bedöms rimligt minska strålbeklagningar anger statens strålskyddsinstitut att kärnkraftstationer skall konstrueras så, att det förväntade dostillskottet till kritisk grupp i stationens omgivning understiger 10 millirem/år.

I säkerhetsanalysen använda förutsättningar och data är som nämnts valda med säkerhetsmarginaler. Det bedöms troligt att dosbelastningen blir omkring en hundradel av ovan angivna högsta värde, 13 millirem per år, bl a därför att de mycket låga vattenflödena i berggrunden inte medger en nedbrytning av avfallets inkapsling och en utlakning av glaskropparna i den takt som förutsatts i den redovisade säkerhetsanalysen. För att kunna verifiera detta lägre värde erfordras dock ytterligare utredningar, som ännu inte genomförts.

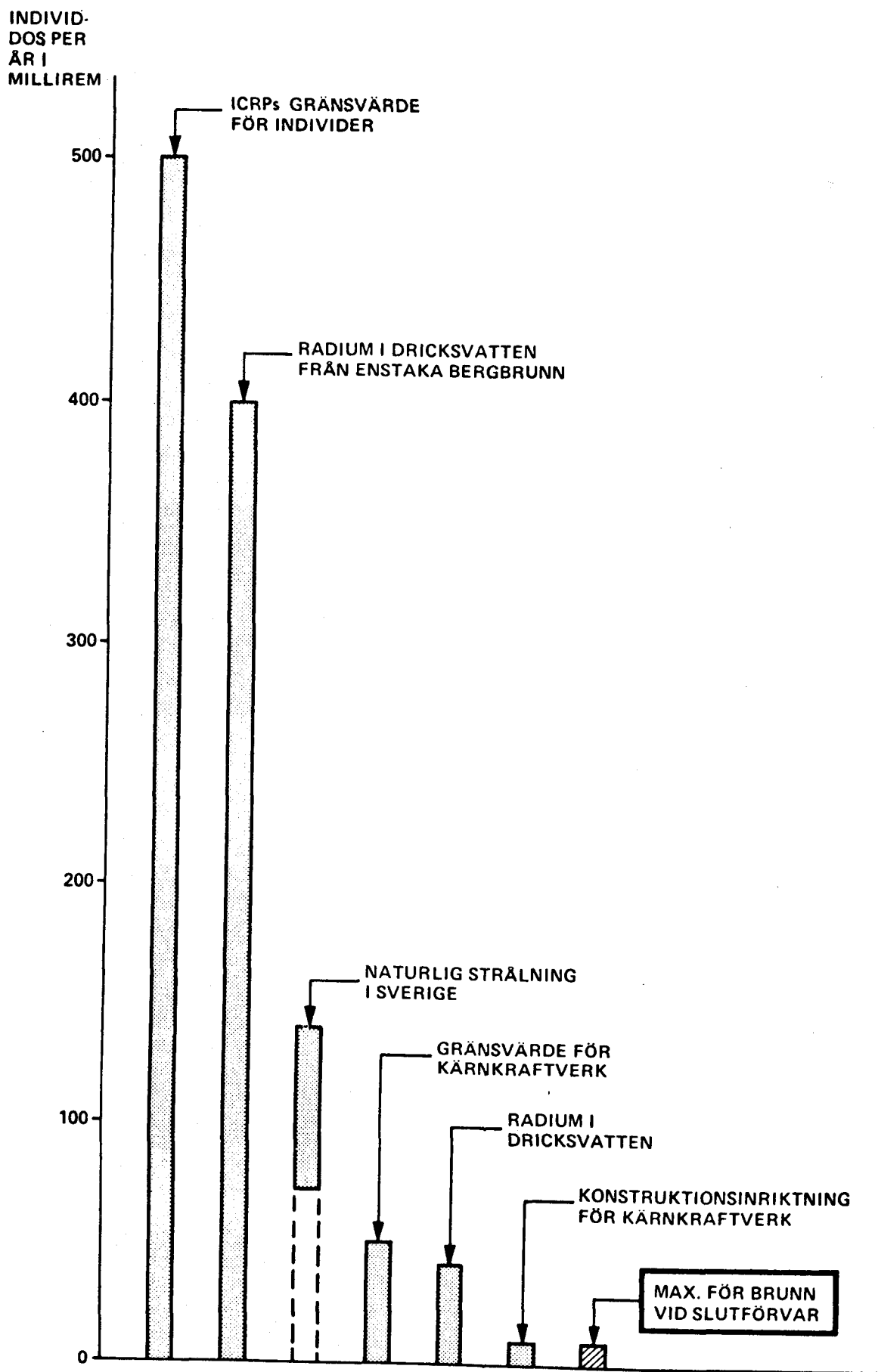
I följande diagram redovisas ovan nämnda dosvärden. I diagrammet anges även dosvärden från den naturliga strålningen i Sverige, varav framgår att lokala variationer är betydligt större än det högsta bidrag, som kan erhållas från ett slutförvar för högaktivt avfall från 30 års drift av 13 reaktorer. Av diagrammet framgår också att dosbelastningen från radium i naturligt dricksvatten i Sverige ofta ligger betydligt över vad som här redovisats för ett slutförvar.

Av säkerhetsanalysen framgår också att stråldoserna från ett slutförvar till större befolkningsgrupper blir ytterst obetydliga och de långsiktiga hälsoeffekterna försumbara.

Den utformning av kärnbränslecykelns slutsteg, som här redovisas, tillgodoser således de krav villkorslagen ställer på helt säker slutlig förvaring av det högaktiva avfall, som erhålles vid uppbyggnad av kärnbränsle.

Stockholm i november 1977  
PROJEKT KÄRNBRÄNSLESÄKERHET





Stapeldiagram som dels visar de beräknade högsta stråldoser som slutförvaret kan ge någon närboende, dels dosbelastningen till människa från några naturliga strålkällor samt några fastställda dosgränser. Dosen från dricksvatten kommer från radium-226.

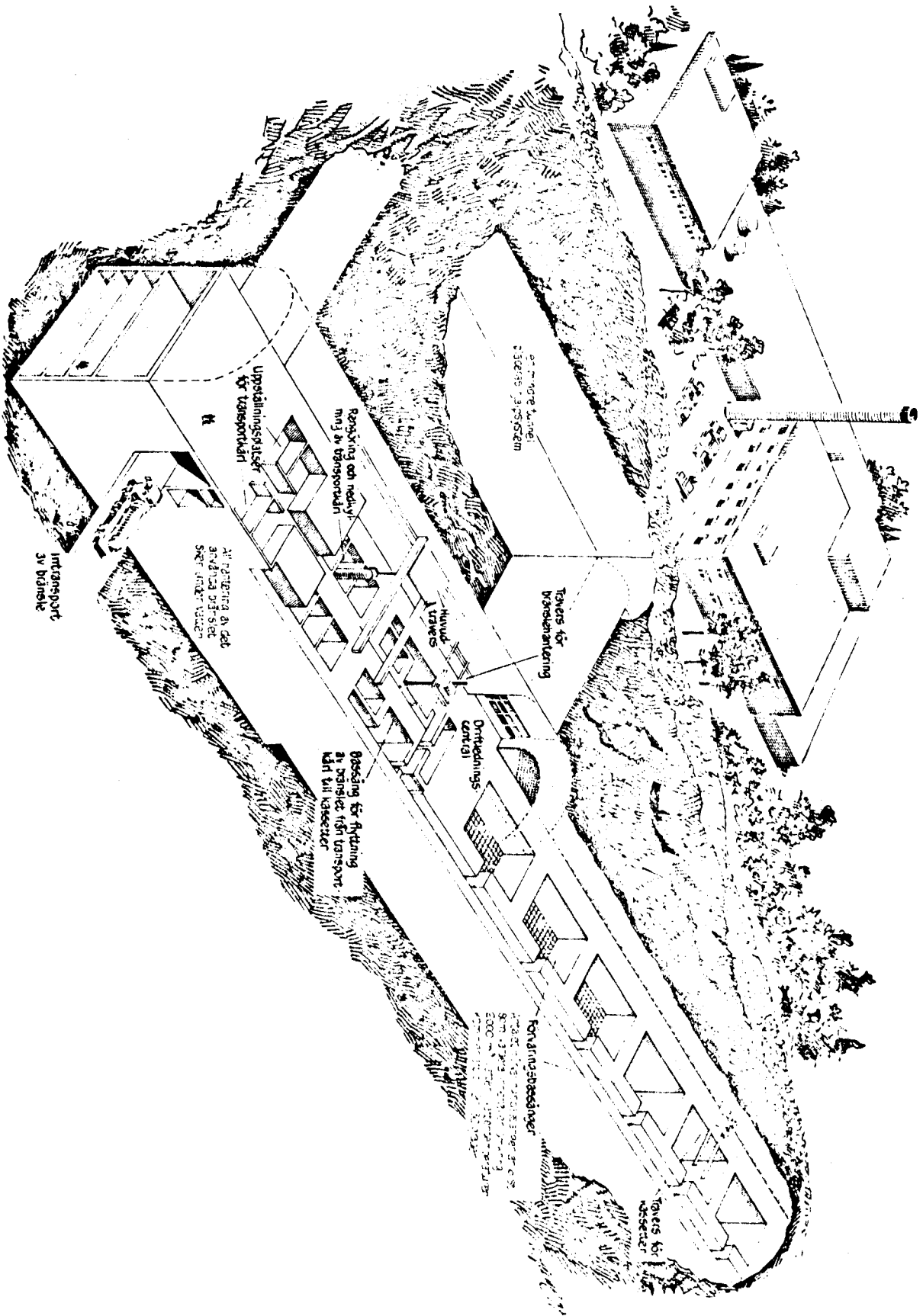
# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

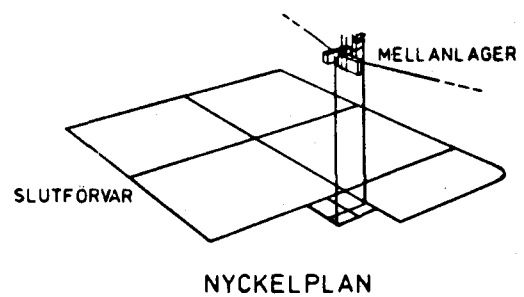
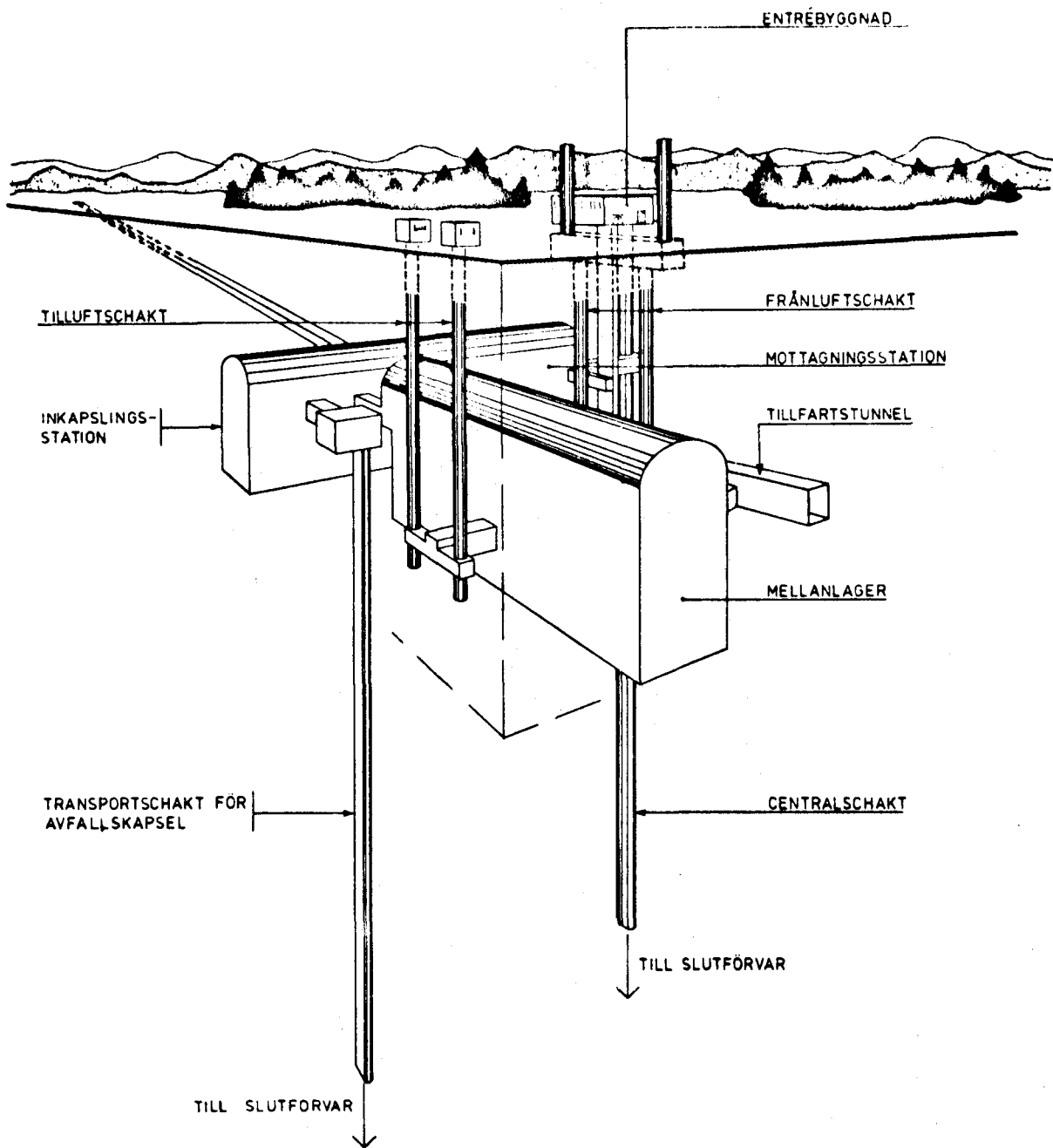
DEL I	ALLMÄN DEL
1	Inledning
1.1	Bakgrund
1.2	Villkor och redovisningskrav för kärnkraftindustrin
1.3	KBS-projekt
2	Förutsättningar och hanteringsalternativ för använt kärnbränsle och förglasat högaktivt avfall
2.1	Data för använt kärnbränsle
2.2	Alternativ för bränslehantering
2.3	Lagringstider och mängder förglasat avfall
3	Hantering och förvaring av förglasat avfall från svenska reaktorer
3.1	Svenska alternativ och kombinationer
3.2	Flexibilitet och utvecklingsmöjligheter
4	Centralt lager för använt bränsle
4.1	Behov av centralt lager för använt bränsle
4.2	Anläggningens utformning
4.3	Anläggningens drift
5	Upparbetning och solidifiering
5.1	Världsöversikt
5.2	Svenska upparbeitungs-kontrakt
5.3	Processer
5.4	Egenskaper hos förglasat avfall
6	Mellanlager och inkapsling
6.1	Allmänt
6.2	Beskrivning av anläggningen
6.3	Inkapslingsmaterialets egenskaper
6.4	Drift av anläggningen
7	Geologi
7.1	Allmänt
7.2	Målsättning
7.3	Undersökningsområden och resultat
7.4	Grundvattenförhållanden
7.5	Avfallsämnenas fördröjning
7.6	Bergrorelser
7.7	Sammanfattande bedömning

- 8 Slutförvar
  - 8.1 Allmänt
  - 8.2 Beskrivning av slutförvaret
  - 8.3 Drift av slutförvaret
  - 8.4 Permanent tillslutning
  
- 9. Transportsystem
  - 9.1 Transportbehållare, allmänt
  - 9.2 Transportbehållarens konstruktion
  - 9.3 Utformning av ett svenskt transportsystem för använt kärnbränsle
  - 9.4 Transport av förglasat högaktivt avfall
  
- 10 Skyddsfrågor
  - 10.1 Arbetsmiljö
  - 10.2 Räddningstjänst
  - 10.3 Strålskydd
  - 10.4 Fysiskt skydd
  - 10.5 Krigsskydd
  
- 11 Synpunkter på anläggningarnas lokalisering
  - 11.1 Krav på förläggningsplatser
  - 11.2 Omgivningspåverkan
  - 11.3 Synpunkter på samlokalisering
  - 11.4 Eventuell samordning med anläggningar för andra typer av radioaktivt avfall
  
- 12 Lagar, normer och bedömningsgrunder
  - 12.1 Allmänt
  - 12.2 Lagar och föreskrifter
  - 12.3 Internationella rekommendationer
  - 12.4 Svenska strålskyddsnormer och kriterier
  - 12.5 Konstruktionsnormer
  - 12.6 Bedömningsgrunder avseende slutförvaring
  - 12.7 Människans nuvarande strålmiljö
  
- 13 Säkerhetsanalys
  - 13.1 Allmänt
  - 13.2 Säkerhet vid hantering, lagring och transporter
  - 13.3 Radioaktiva ämnen i högaktivt avfallsglas
  - 13.4 Säkerhet vid slutförvaring
  
- 14 Översiktlig plan för fortsatt arbete

#### Referenser

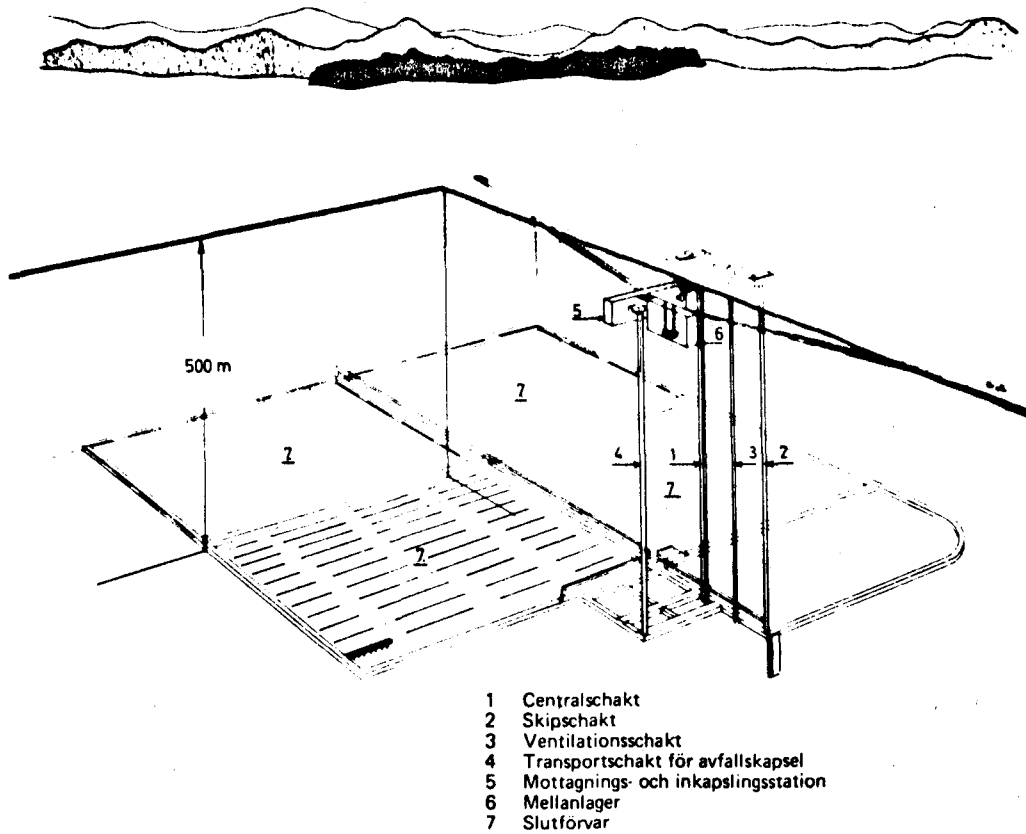
Figur 4-1. Perspektivskiss av det centrala lagret för använt bränsle.





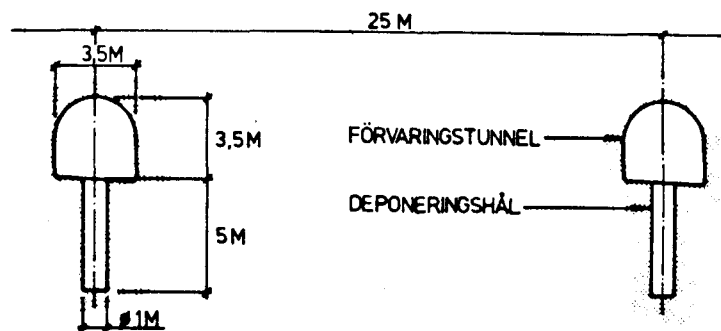
Figur 6-1. Perspektivskiss av anläggningen för mellanlagring och inkapsling. Den är belägen under jord med ca 30 meters bergtäckning. Anläggningen är placerad ovanför slutförvaret.



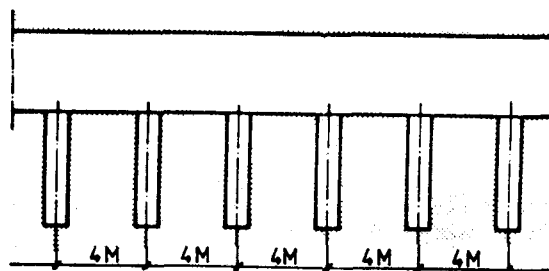


Figur 8-1. Perspektivskiss av slutförvar med anläggningen för mellanlager och inkapsling. Slutförvaret består av ett system av parallella förvaringstunnlar som är belägna 500 m under markytan.

69

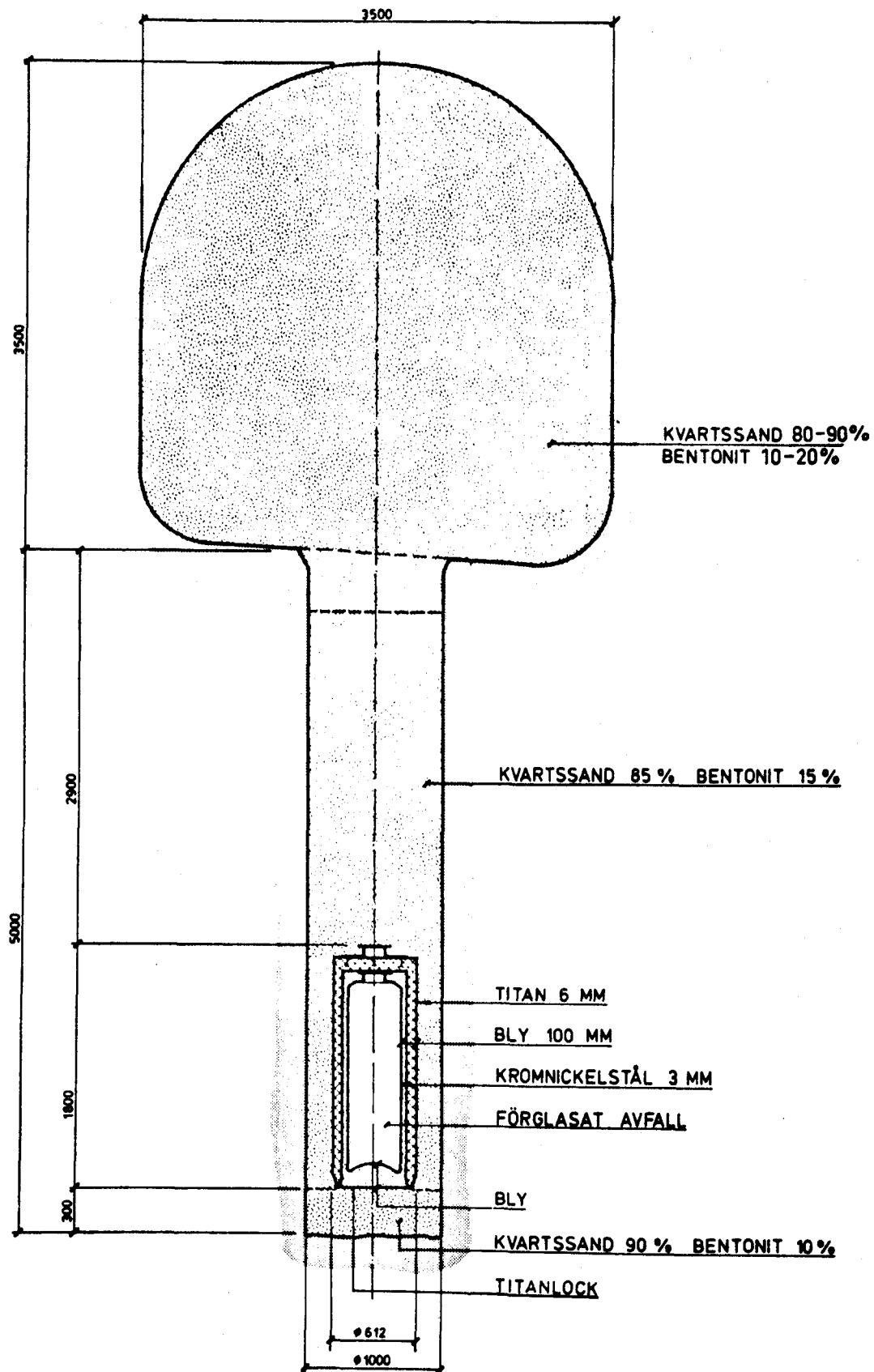


TVÄRSEKTION



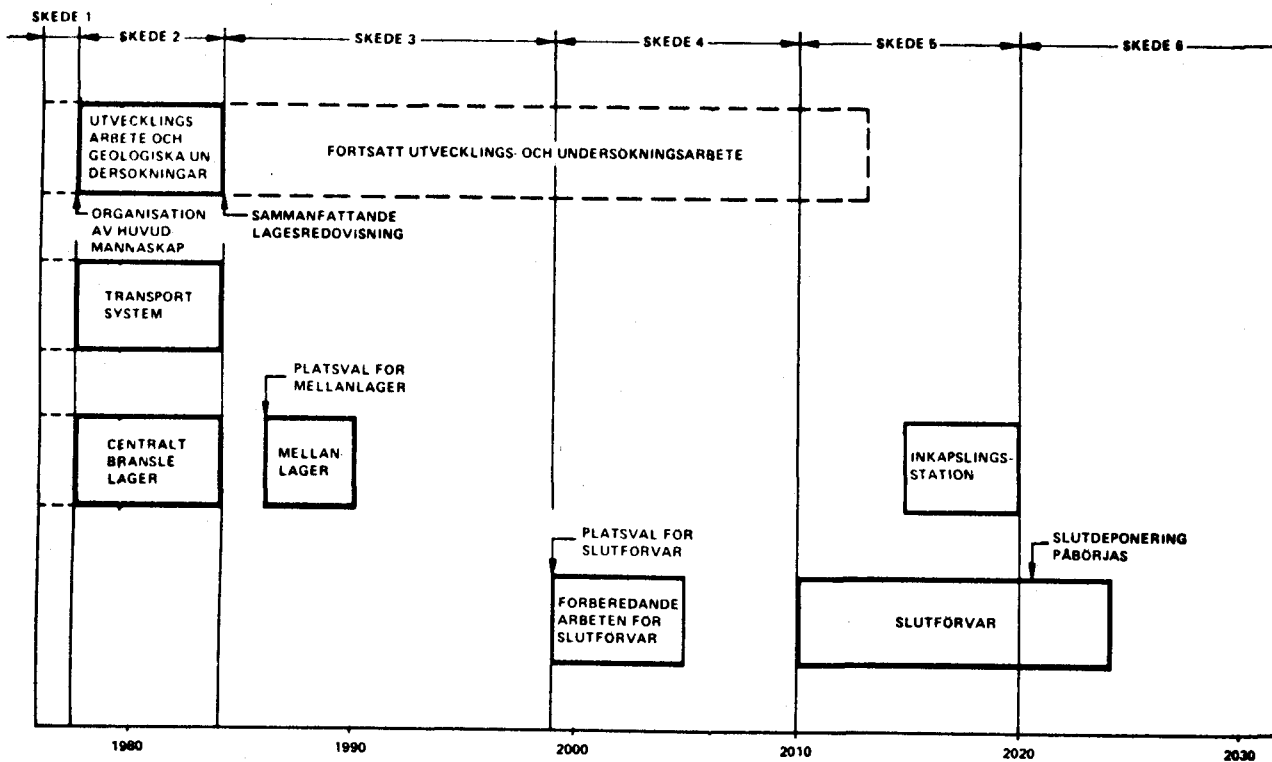
LÄNGDSEKTION

Figur 8-2. Tvär- och längdsektion av förvaringstunnlar i slutförvaret. Varje deponeringshål är avsett för en kapsel.



Figur 8-4. Det förseglade slutförvaret. Tunnlar och förvaringshål är helt fyllda med ett buffertmaterial, som består av kvartssand och bentonit.

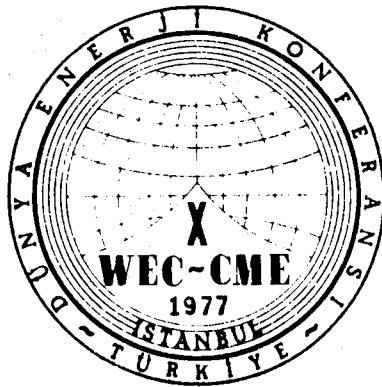




Figur 14-1. Översiktlig tidplan för fortsatt arbete med kärnbränslecykelns slutsteg.



# WORLD ENERGY CONFERENCE



September 19-24, 1977

ISTANBUL

## MATKAKERTOMUS

MAAILMAN ENERGIKONFERENSSI WEC  
Suomen osasto r.y.

J Santaholma/RSN 12.10.77

## 10. MAAILMAN ENERGIAKONFERENSSI ISTANBULISSA 19...23.9.77

### 1 Konferenssijärjestelyt

Konferenssi pidettiin 19...23.9.77 Istanbulissa Atatürkin kulttuurikeskuksessa.

Konferenssin yhteyteen oli järjestetty teknillisiä vierailuja energia-alan kohteisiin sekä kokouksen jälkeen yhdeksän vaihtoehtoista study tour'ia eri puolille Turkia.

Konferenssin järjestelyistä vastasi Maailman Energia-konferenssin Turkin kansallisen komitean piiriin muodostettu organisaatioryhmä. Ryhmän puheenjohtajana toimi Turkin kansallisen komitean puheenjohtaja, A.G. Mutdogan, Turkin energia- ja luonnonvarainministeriön energiaosaston päällikkö. Järjestelyjen valvojana toimi WEC:n pääsihteeri Eric Ruttley.

Konferenssiin osallistui runsaat 3500 edustajaa ja seuralaista yli 70:stä maasta. WEC:n Suomen osaston virallisena edustajana toimi Suomen osaston puheenjohtaja, tekn. tri S.O. Hultin Ekono Oy:stä. Suomen hallituksen edustaja oli ylijohdaja Erkki Vaara, kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosaston päällikkö. Suomen edustus käsitti 50 varsinaista kokousedustajaa ja 37 seuralaista eli yhteensä 87 henkeä. Suomen osanottajaluettelo on liitteenä 1.

### 2 Avaus

Konferenssin juhlallisen avauksen suoritti Turkin pääministeri Süleyman Demirel.

### 3 Konferenssin teema

- "Availability and Rational Uses of Energy Resources"

"Energiavarojen riittävyys ja järkipерäinen käyttö"

4  
Raportit

Konferenssia varten oli laadittu kansainvälisissä järjestöissä ja jäsenmaissa 142 raporttia. Ne jakautuivat neljään osastoon.

Division 1 - Development of Conventional Energy Resources

Tähän osastoon kuuluivat kirjoitukset, jotka käsitelivät hiljattain saavutettuja kehitystuloksia tunnettujen energiareservien lisäämiseksi tai sellaisista reserveistä saatavien energiamäärien kasvattamiseksi.

Division 2 - Conservation of Energy Utilization

Osasto käsitti selostukset keinoista säästää energiaa kehittämällä parempia hyväksikäyttöteknologioita sekä parannettuja prosessimenetelmiä.

Division 3 - Conversion of Primary Energy

Osasto käsitti parannukset teknillisissä prosesseissa sekä taloudelliset tekijät muunnettaessa primäärienergiaa toisiin, helpommin käytettävissä ja kuljetettavissa oleviin muotoihin.

Division 4 - Unconventional Energy Resources - Studies of Development

Osaston papereissa käsiteltiin viimeisiä kehitystuloksia ei-konventionaalisten energiavarojen hyväksikäytössä.

Suomesta oli kaksi raporttia

- "Extract - Air Window, a Key to Better Heat Economy in Buildings"  
Apulaisjohtaja J. Gabrielsson, Ekono Oy
- "A Nuclear Power Plant Combined with the Supply of District Heat and Process Steam"  
Apulaisjohtaja Kaarlo Kirvelä, Ekono Oy  
Dipl.ins. Robert Perander, Imatran Voima Osakeyhtiö  
Dipl.ins. Pentti Rouhiainen, Ekono Oy

Luettelo raporteista on liitteenä 2.

5

Round Table -keskustelut

Konferenssin yhteydessä järjestettiin yhteensä seitsemän kaikille osanottajille avointa Round Table -keskustelua. Tärkeimmät niistä oli valmistellut yhdysvaltalaisen John R. Kiely'n, Bechtel Corp., johdolla toimivassa Conservation Commission'issa, jonka tehtävänä on arvioida energian kulutusta ja saatavilla olevia energiavaroja aikavälillä 1985...2020. Komission eri energiamuotoja tutkivat jaostot olivat valmistelleet alustavat raportit Istanbulin kokousta varten. Näistä jaettiin keskusteluihin osallistuneille ns. Executive Summary't. Keskustelujen tulokset on tarkoitus ottaa huomioon komission jatkotyöskentelyssä lopullisen raportin laatimiseksi. Round table -keskustelujen aiheet olivat seuraavat

1. Turkey's Energy Model

2. Demand and Conservation

Executive Summary'itä oli kaksi, joista ensimmäisen oli laatinut R.J. Eden, Englanti, Head of Energy Group Cavendish Laboratory, Cambridge. Toisen summary'n, Energy Conservation, olivat laatineet osastonjohtaja L. Nevanlinna Imatran Voima Osakeyhtiöstä ja apulaisjohtaja F. Kommonen Ekono Oy:stä.

3. Oil and Gas

Summary'n, Oil Resources, oli laatinut ranskalainen Pierre Desprairies, Chairman of the Board, Institut Francais du Petrole (IFP). Summary, Natural Gas Resources, oli laadittu American Gas Association'in piirissä.

4. Conditions Governing the Control of the Use of Plutonium

Keskustelu tapahtui IAEA:n pääjohtaja S. Eklundin puheenjohtolla; panelisteihin kuului mm. UKAEA:n presidentti, sir John Hill.

5. International Co-operation on Energy

Keskustelussa keskityttiin lähinnä kehitysmaiden kysymyksiin.

6. Coal

Executive Summary'n olivat laatineet Saksan Liittotasavaltaa edustavat W. Peters Steinkohlenbergbauverein'ista ja H.-D. Schilling Bergbau Forschung GMBH:sta.

7. Nuclear and Unconventional Energy Resources

Summary'n, Nuclear Resources, oli laatinut John S. Foster, Atomic Energy of Canada'n presidentti. Summary, Unconventional Energy Resources, oli laadittu Electric Power Research Institute, Palo Alto, California (USA)'n piirissä. Sen esitteli professori P. Auer Cornell'in yliopistosta.

6

Special Sessions

Eräiden kansallisten komiteoiden pyynnöstä järjestettiin seitsemän erityisistuntoa. Nämä olivat

1. Energy Information Exchange
2. Use of Waste Materials for the Production of Heat and Electricity Generation
3. Broadening the Range of Coking Coals
4. Hydraulic Resources
5. Economic Aspects of Super-conductive Cables
6. Nuclear Energy for Marine Propulsion
7. Workshop on Alternative Energy Strategies

Näistä erityisistunnoista ainoastaan vesivaroja käsittelevään istuntoon oli ennalta laadittu raportti.

7

Study Committee Sessions

Konferenssin yhteydessä järjestettiin myös neljän WEC:n piirissä meneillään olevan tutkimuksen Study-komiteoiden istunnot, nimittäin

1. Terms of Energy Economy
2. Energy Resources - Consultative Panel
3. Availability of Thermal Generating Plants
4. Combined Heat and Power Production and District Heating

Myös nämä kokoukset olivat kaikille osanottajille avoimet. Todettakoon, että viimeksi mainitun työryhmän puheenjohtaja on varatoimitusjohtaja E.N. Westerberg Ekono Oy:stä; jäsenistöön kuuluvat osastonjohtaja U. Kilpinen Helsingin kaupungin sähkölaitokselta ja apulaisjohtaja K. Kirvelä Ekono Oy:stä.

8

#### Epilogi

Kokouksen päätösvaiheessa oli konferenssin epilogi, jossa kuultiin maailman energiatulevaisuutta käsittelevät henkilökohtaiset esitykset seuraavilta asiantuntijoilta:

1. S. Djojohadikusumo, Indonesian tutkimusministeri,
2. C. Starr, Electric Power Research -instituutin presidentti
3. W. Hafele, IIASA

9

#### Konferenssin anti

Konferenssin anti sisältyi selvästi sen yhteydessä valmisteltuun laajaan kirjalliseen materiaaliin. Teknillisten istuntojen raportteja täydentävät puheenvuorot muodostuivat selvästikin liian pikaisiksi ja hajanaisiksi. Tämä johtui kuitenkin asian luonteesta. Round Table -keskustelut jäivät jossain määrin ylimalkaisiksi, koska vain rajoitetulla määrällä osanottajista oli ollut mahdollisuus saada Executive Summary't etukäteen tutustuttavikseen.

Tähän mennessä osanottajille jaettu aineisto on ollut seuraava

1. konferenssiraportit (neljä teosta)
2. kokoomateos "General Reports" teknillisten istuntojen neljästä osastosta
3. Technical Program Handbook and Index To Technical Papers
4. Participant List
5. Eräiden Round-Table -keskustelujen ja erityisistuntojen Executive Summary't
6. konferenssisanomalehti 19...23.9.77, jonka numerot sisältävät tiivistelmiä käydyistä keskusteluista.

Erityisesti Executive Summary'jen kohdalta on todettava, ettei niitä ilmeisestikään riittänyt kaikille halukkaille.

Konferenssin aikana käydyt keskustelut kootaan General Reports -kirjaa ja neljää raporttiteosta täydentäväksi kirjaksi. Täydennyskirja pyritään valmistamaan n. 9 kuukauden kuluessa, minkä jälkeen se toimitetaan osanottajille. Kirja tulee oletettavasti sisältämään myös epilogin yleiset esitykset.

Lisäksi WEC:n Central Office valmistelelee istunnoista tiivistelmät, jotka toivotaan saataviksi käyttöön kahden kuukauden kuluttua.



J Santaholma/RSN 12.10.77

## 10. MAAILMAN ENERGIAKONFERENSSI ISTANBULISSA 19...23.9.77

### Tiivistelmä johtopäätöksistä

Erittäin laajan kongressiaineiston teknillinen käsittely tulee vaatimaan luonnollisesti oman aikansa. Erityisalojen kommentteja tullaan näkemään ainakin energia-alan erityisjulkaisuissa. Konferenssin kokonaisvaikutelmista voidaan antaa seuraavat, erittäin tiivistetyt päätelmät.

- 1 Mikäli 40...50 viimeisen vuoden keskimääräinen taloudellinen kasvu jatkuu, maailman energiantarpeen vuoteen 2020 mennessä odotetaan kasvavan kolmin-nelinkertaiseksi. Tällöin on jo lähdetty siitä, että energian käytön tehokkuus kaksinkertaistuu nykyisestään mitattuna energiantarpeena kansantulon yksikköä kohti. Toisin sanoen, energiantarve kansantulon yksikköä kohti olisi vain puolet nykyisestään.
- 2 Energian säästö (conservation) nousee jo lyhyellä tähtämelläkin ensiarvoisen tärkeään asemaan. Huomattavia säästömahdollisuuksia on saavutettavissa kaikkien nykyisten energian käyttömuotojen osalta.
- 3 Halukkuus uusien energiamuotojen käyttöönottoon on rajoittunutta niin kauan kuin öljyä on saatavissa kohtuulliseen hintaan tarvetta vastaavasti.
- 4 Öljyn kulutus voi kasvaa teknillisesti noin vuoteen 1995 saakka, mutta tuotantorajoitukset voivat asettaa rajoituksia jo aikaisemminkin. Tämän johdosta olisi pyrittävä mahdollisimman pian korvaamaan öljyn käyttöä polttoaineena muilla energianlähteillä ja varaamaan öljy mahdollisimman suuressa määrin arvokkaampiin tarkoituksiin, kuten kemian teollisuuden raaka-aineeksi.
- 5 Maailman hiilivarat ovat hyvinkin runsaat ja jakautuneet öljyä tasaisemmin yli koko maapallon. Hiilen käyttö tulee todennäköisesti kasvamaan voimakkaasti 1980-luvun puolivälin jälkeen. Sitä tullaan käyttämään sekä lämmön lähteenä että välillisesti esim. synteettisiin polttoaineisiin sekä sähkön tuotantoon. V. 2020 hiilen kulutuksen arvioidaan olevan kuusinkertainen nykyiseen verrattuna.

- 6 Kaasun käyttö tulee jossain määrin kasvamaan, mutta sitä rajoittavat siirto-ongelmat, joihin joudutaan myös kaasujohtoverkoston yhteydessä olevien lähteiden alkaessa ehtyä.
- 7 Sähkön muodossa tuotettavan sekundäärienergian osuuden arvellaan kasvavan nykyisestä 8 %:sta lähes 20 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Tämä vastaa sähkön tuotantoon käytettävän primäärienergian tarpeen kasvua kuusinkertaiseksi, jolloin sen osuus maailman primäärienergiasta nousisi 25:stä 40 %:iin.
- 8 Sähköenergian oletettua tuotannon kasvua ei voida toteuttaa ilman huomattavaa ydinenergian käyttöä. Ydinenergian osuuden sähkön tuotannossa arvioidaan voivan olla 45 % v. 2000 ja 57 % v. 2020. Tällöin v. 2000 installoidun ydinvoiman teho olisi 1300...1650  $GW_e$  ja vastaavasti 3200...4300  $GW_e$  v. 2020. Edellä olevalla ohjelmalla on kaksi perusedellytystä:
- Ydinpolttoaineen jälleenkäsittely ja plutoniumin uudelleenkäyttö polttoainekierrossa saadaan teknillisesti ja taloudellisesti ratkaistuiksi ja poliittisesti hyväksytyiksi.
  - Hyötöreaktorit tulevat kaupalliseen käyttöön viimeistään vuoden 2000 jälkeen. Teknillinen valmius tähän saavutetaan 1980...1990 luvuilla.
- 9 Mikäli sähköenergiasta tuotetaan edellä mainittu osuus ydinenergialla, merkitsisi tämä 14 %:n tuottamista vesivoimaa hyväksi käyttäen ja 29 %:n tuottamista fossiilisilla polttoaineilla, pääasiassa hiilellä. Ellei ydinenergiaa voida käyttää edellä mainitussa laajuudessa, on ilmeistä, ettei sähköenergian tuotanto tule vastaamaan tarvetta.
- 10 Uusiutuvista luonnonvaroista vesivoimasta on otettu käyttöön tähän mennessä noin 16 %. Vuoteen 2020 mennessä arvioidaan määrän voivan nousta aina 80 %:iin saakka. Käyttöönotto tulee olemaan erityisen voimakasta kehitysmaissa. Teollistuneissa maissa, kuten Suomessa, käyttöaste on jo nyt kuitenkin huomattavan korkea.
- 11 Aurinkoenergian ei ole mahdollista muodostua ratkaisuksi nykyisiin energiaongelmiin, koska sen osuuden energiantuotannossa oletetaan jäävän vain alle 10 %:iin kokonaisenergiasta vuonna 2020. Sen käyttö lämmitystarkoituksiin etenkin lauhkeilla vyöhykkeillä kasvaa kuitenkin merkittävään osuuteen.

- 12 Tuulienergia rajoittuu lähinnä paikalliseen käyttöön.
- 13 Jopa fuusioenergian kaupalliseen käyttöön tulosta esitettiin rohkaisevia arvioita; kuitenkin tämä voisi tapahtua aikaisintaan 25 vuoden kuluttua, eli ensi vuosituhatvuoden puolella.
- 14 Kehitysmaakysymysten osalta todettiin, että 50 % maailman väestöstä käyttää 15 % energiasta. Vuonna 2020 voidaan odottaa kehitysmaiden väestön muodostavan 65 % maailman kokonaisväestöstä ja niiden energian käytön 25 % koko energiasta. Tämä edellyttää kuitenkin voimakasta taloudellista kasvua kehitysmaissa.
- 15 Kehitysmaiden edustajat näkivät tulevaisuutensa energia-alalla varsin huolestuttavaksi. Tämä koski erityisesti sellaisia maita, joilla ei ole runsaita öljy- tai muita luonnonvaroja. Mielipide tuntui olevan, että teollistuneiden maiden olisi huomattavassa määrin osallistuttava kehitysmaiden energiatalouden kehittämiseen. Oli havaittavissa, että kehitysmaat olisivat varsin halukkaita saamaan teknologiaa sellaisista puolueettomista maista kuin Suomi ja Ruotsi. Etenkin ei-öljymaiden kohdalla olisi toimituksissa huolehdittava myös rahoituksesta, mikä luonnollisesti on vaikea kysymys.
- 16 Keskimäärin ottaen arvioitiin energian hinnan nousevan kaksinkertaiseksi 25 seuraavan vuoden kuluessa.

+++

Edellä oleviin arvioihin vaikuttaa luonnollisesti kysymys siitä, jatkuuko maailman taloudellinen kasvu nopeana vaiko hitaana. Hidaskin taloudellinen kasvu osoitti kuitenkin huomattavaa energian tarpeen kasvua.

Johtopäätökset kuvastavat lähinnä asiain tilaa - miten voisi olla energiavarojen ja tekniikan kannalta arviointuna. Arviot eivät sisällä ennustusta, miten todella tulee olemaan. Energian käyttöä ja eri tuotantomuotoja käsittelevä keskustelu oli teknillis-taloudellisesti painottunutta, poliittisten ja ympäristöllisten kysymysten jäädessä suureksi osaksi konferenssin teeman ulkopuolelle. Ratkaisevaksi näyttää muodostuvan kysymys siitä, minkälaisia ratkaisuja tehdään öljyn tuotantomahdollisuuksien saavuttaessa huippunsa 1990-luvulla ja kääntyessä myöhemmin laskuun.

Jorma Karjala  
Teollisuuden Voima Oy  
19.12.1977

SUOMEN ATOMITEKNILLISEN SEURAN EKSKURSIO RANSKAAN 19...27.10.1977

Suomen Atomiteknillisen Seuran tämänvuotinen ulkomaanekskursio suuntautui Ranskaan. Eräänä kohdemaan valintaan vaikuttavana seikkana oli keväällä 1976 Dipolissa pidetyt esitelmäpäivät, jolloin Imatran Voima Osakeyhtiön kutsumana Framatomen, Electricite de Francen (EdF) ja Commissariat a l'Energie Atomiquen (CEA) edustajat esittelivät Ranskan ydinvoimaohjelmaa.

Ensimmäisenä varsinaisena ekskursiopäivänä järjestettiin CEA:n pääkonttorissa seminaaritilaisuus, jossa matkan osanottajilla oli tilaisuus kuulla esityksiä Ranskan energiatilanteesta sekä keskustella ydinenergian tuotantoon kuuluvista erityiskysymyksistä.

Toisena ekskursiopäivänä vierailtiin Framatomen Chalonin höyrykehittäntehtaalla ja paineestiatehtaalla sekä Cresot-Loiren reaktorin sisäosia valmistavalla tehtaalla sekä takomossa Le Creusotissa.

Kolmantena päivänä vierailtiin Marcoulessa. Ensin tutustuttiin Phenixin ydinvoimalaitokseen, joka on natriumjäähdytteinen, 250 MW sähkötehoa tuottava nopea hyötöreaktori. Sen jälkeen tutustuttiin polttoaineen jälleenkäsittelylaitokseen sekä korkea-aktiivisen nestemäisen jätteen lasituslaitokseen.

Neljäntenä vierailupäivänä tutustuttiin rakenteilla olevaan Eurodifin uraanirikastuslaitokseen sekä viereisellä ydinvoimalaitostyömaalla oleviin neljään 900 MW:n PWR:ään, joiden tarkoituksena on tuottaa rikastuslaitoksen tarvitsema sähköenergia.

Viidentenä päivänä tutustuttiin Bugeyn ydinvoimalaitostyömaahan. Alueella on toiminnassa yksi 540 MW:n GCR-laitos ja rakenteilla neljä painevesireaktoria.

Viimeisenä vierailupäivänä oli matkalaisilla tilaisuus osallistua CEA:n pääkonttorissa pidettyyn päätösseminaariin, jossa keskusteltiin tutustumiskohteista saaduista vaikutelmista.

Yksityiskohtaisempi ekskursio-ohjelma sekä matkalle osallistuneiden henkilöiden nimet on liitetty matkakertomuksen loppuun.

Matkan etukäteisjärjestelyistä vastasivat DI Eric Rotkirch, TkT Olli Tiainen, teollisuussihteeri Seppo Oksanen Pariisista sekä FM Jorma Karjala. Matkan aikana järjestelyistä vastasivat ATS:n puolesta TkT Olli Tiainen ja FM Jorma Karjala.

Matkan aikana oli ilahduttavaa havaita, että tutustumiskohtaiden isännät olivat varautuneet vierailuun-  
me huolellisesti vaivojaan säästämättä. Mielenkiin-  
toisten kohteiden ja hyvien järjestelyiden lisäksi  
isännät osoittivat ekskursion osanottajia kohtaan  
ehtymätöntä vieraanvaraisuutta.

Seuraavassa esitetään vierailun eri kohteista koottu  
matkakertomus .

ATS:n ekskursion 1977-10-19...27

RANSKAN EKSKURSION SEMINAARITILAISUUDET CEA:LLA

Ekskursion alussa ja lopussa järjestettiin CEA:n (Commissariat à l' Energie Atomique) pääkonttorissa seminaaritulaisuudet. Seminaarien puheenjohtajina toimivat M. Renou CEA:lta ja Olli Tiainen ATS:n puolesta. Seminaareissa käsiteltiin Ranskan energia-tilannetta sekä valotettiin ydinenergian erikoiskysymyksiä jälleenkäsittelyyn, väkevöinnin, jätehuollon, turvallisuusseikkojen, valmistavan teollisuuden ja voimayhtiön kannalta. Ensimmäinen seminaaritulaisuus 1977-10-20 oli tarkoitettu luomaan pohjaa tutustumiskäynneille ja yleisten ydinenergiaan liittyvistä asioista keskustelua varten. Loppu-seminaarissa 1977-10-27 keskusteltiin tutustumiskohteista saaduista vaikutelmista. Tässä yhteydessä oli vielä lisäksi mahdollista keskustella aikaisemmissa yhteyksissä vaillinaisesti käsitellyistä asioista. Seminaareissa ja tutustumiskohteissa saatu aineisto on liitteessä 1.

Alkuseminaarissa M. Kremser piti alustuksen "Energy requirements in France and how to satisfy it". Vuoden 1975 arvio Ranskan sähkön tuotannon energialähteistä on kuvassa 1. Taulukot 1 a, b ja c kuvaavat ranskalaisia ydinvoimalaitosohjelmia. Taulukossa 3 yksikkökoko 1200 MW (sähkö) (tilausvuosi 1977, Super Phénix) ja yksikkökoot 1800 MW (sähkö) ovat nopeita hyötöreaktoreita. Ydinvoimalaitosten rakentamissuunnitelmissa on siis selvästi nähtävissä pyrkimys hyötöreaktoreiden laajamittaiseen hyväksikäyttöön. Hyötöreaktoreiden polttoaineena on jo 250 MW (sähkö) Phénix-reaktorin tapauksessa käytetty plutoniumia, ja Ranskassa plutoniumin uudelleenkäyttö keskitetään juuri hyötöreaktoreihin.

Taulukkoon 2 on kerätty Ranskan valtakunnallisen voimayhtiön EDF (Electricité de France) sähköenergiakustannukset eri polttoaineita käytettäessä. Arvoilla on vertailukäyttöä Suomenkin kannalta. Taulukkoon on otettu myös mukaan rikin poistosta aiheutuvat kustannukset öljyn tapauksessa.





CEA:n toiminnoista tuotiin esille niiden monipuolisuus. CEA on voimakkaasti mukana ydinenergian rakentamis- ja polttoainekiertoalustoissa. Esimerkiksi FRAMATOM:sta CEA omistaa 30 %, ydinaineyhtiö Cogemasta 100 % ja pienreaktoreiden kehitystyötä tekevästä Technicatomista 90 %. CEA on edelleen Cogeman kautta mukana Eurodifissä ja Coredifissä sekä FRAMATOMin kautta polttoaineen valmistuksessa. Lisäksi CEA on mukana ydinpolttoaineen hankinnassa, konversiossa ja yleisessä teknillisessä konsultoisissa sekä tekee myös perustutkimusta ja säteilyturvallisuus selvityksiä.

Keskusteluissa käsiteltiin lisäksi ranskalaisen painevesireaktorilaitoksen turvallisuusnäkökohdista suojarakennusratkaisuineen. Edelleen selviteltiin rikastuspalvelumahdollisuuksia, joissa varaamatonta kapasiteettia löytyy lähinnä Coredifilla. Keskustelu-teemoihin kuuluivat myös Ranskan hyötöreaktoreilla saavutettavat ydinpolttoaineinventarioiden kahdenkertaistumisajat. Näiden todettiin ohjelman alkuvaiheessa olevan pitkiä. Nopeiden hyötöreaktoreiden turvallisuusongelmia ei pidetty vaikeina. Muita aiheita olivat vielä jälleenkäsittely ja jätehuolto. Keskusteluissa tuli selvästi esille Ranskan keskeinen asema ydinpolttoainekierron eri vaiheiden hallinnassa.

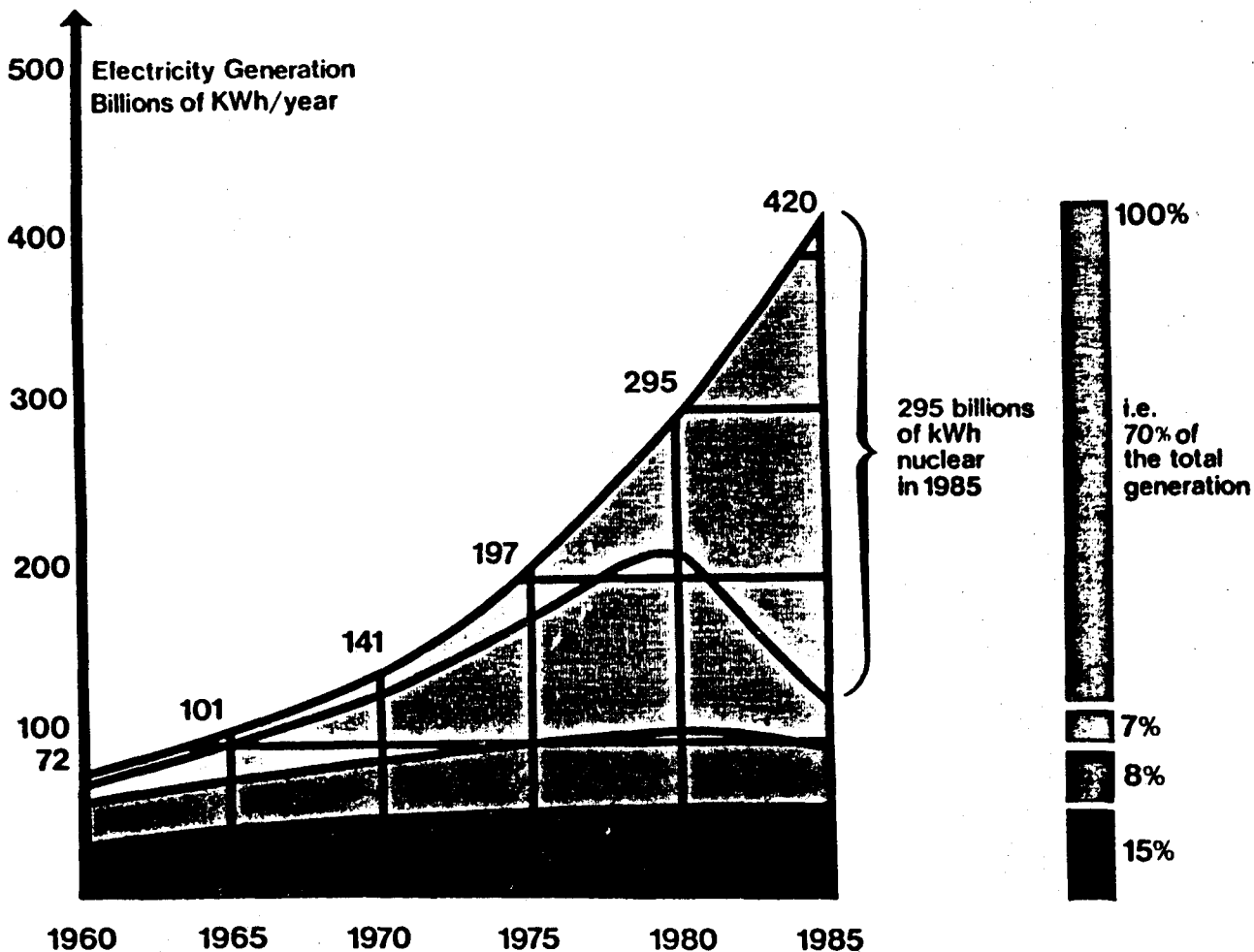
Erillisenä aiheena käsiteltiin pienreaktoreita lämmön tuotannossa. Tässä yhteydessä Alsthom-Atlantiquen edustajat kertoivat termiseltä teholtaan 500 MW CAS 3G reaktorinsa soveltuvuudesta yhdistettyyn sähkön ja kaukolämmön tuotantoon. Reaktorissa on turvallisuuden kannalta edulliseksi kehitetty polttoaine (plate fuel element). Itse pienpainevesireaktorijärjestelmä suojarakennuksineen on suunniteltu turvalliseksi, kompaktiksi ja laitoksen pitkälle viedyn tehdasvalmistuksen mahdollistavaksi. Laitokset suositellaan rakennettavaksi aivan asutuskeskusten läheisyyteen. Technicatomin edustaja kertoi taas puolestaan termiseltä teholtaan 100 MW:n lämmitysreaktorista. Esitelmät olivat lähellä elokuussa Otaniemen LTNH-konferenssissa esitettyjä. Keskusteluissa todettiin po. reaktorikonstruktioiden edullisuus turvallisuusnäkökohtien puolesta, missä hyvin merkittävä tekijä on myös pieni terminen teho. Ranskalainen taho etsi Suomesta tietoja, joiden perusteella laitosten taloudellisuus olisi nykyistä paremmin arvioitavissa.

Idea sekä alku- että loppuseminaarin pitämisestä tuli ranskalaisten isäntien taholta. Tutustumismatkalaisten kannalta järjestely satoi hyvin erilliset tutustumiskohteet kiinteäksi kokonaisuudeksi. Lisäksi seminaareihin oli ranskalaiselta taholta kutsuttu sopivat henkilöt, jolloin keskustelut sujuivat hyvin ja niistä itse kukin sai varmasti paljon uutta näkemystä ydinenergia-alan koko kenttään.

# DEVELOPMENT OF ELECTRICITY GENERATION IN FRANCE BETWEEN 1960 AND 1985 AND CONTRIBUTION OF THE VARIOUS PRIME ENERGY SOURCES

-  URANIUM
-  IMPORTED FOSSIL FUEL (ESSENTIALLY OIL)
-  NATIONAL FOSSIL FUEL
-  HYDRO

(Data provided by ELECTRICITE DE FRANCE, 1975)



**Nuclear Power Plants in commercial operation in France**

Year	Number of units			Total	Total installed capacity MWe net
	Miscellaneous types	PWR 900	PWR 1350		
1976	11	0	0	11	2 600
1978	11	6	0	17	8 000
1980	11	17	0	28	18 000
1985	12	31	8	51	42 600

June 1975

Kuva 1: Sähköntuotannon energialähteet Ranskassa aikavälillä 1960...1985, vuoden 1975 arvio (liitteen 1 viite 5).



Taulukko 1: Ranskan ydinvoimaohjelma reaktorityypeittäin vuoteen 1985 saakka (a, b ja c). Taulukon 1 c tilanne on lokakuulta 1977 oleva suunnitelma.

Taulukko 1 a:

### TABLEAU 1

#### PROGRAMME NUCLEAIRE FRANCAIS

NOM DE LA CENTRALE	PUISSANCE ELECTRIQUE MW	DEBUT DES TRAVAUX	ANNEE DE MISE EN SERVICE INDUSTRIEL	PRODUCTION CUMULEE AU 1.9.1977 EN 10 <sup>9</sup> kWh
<b>1 - REACTEURS A URANIUM NATUREL-GAZ- GRAPHITE (UNGG)</b>				
MARCOULE G1		1954	1955	-
MARCOULE G2	40	1955	1959	} 8,905
MARCOULE G3	40	1955	1960	
CHINON 1 (1)	70	1956	1963	
CHINON 2	210	1957	1965	13,909
CHINON 3	480	1959	1967	14,117
SAINT-LAURENT A1	460	1963	1969	18,183
SAINT-LAURENT A2	515	1966	1971	19,492
BUGEY 1	540	1965	1972	14,864
VANDELLOS (2)	480	1966	1972	16,704
<b>2 - REACTEURS A EAU LOURDE</b>				
MONTS D'ARREE (CEA-EDF)	70	1961	1967	2,934
<b>3 - REACTEURS A NEUTRONS RAPIDES</b>				
PHENIX (CEA-EDF)	233	1967	1973	3,390
CREYS MALVILLE (3)	1.200	1976	1983	

(1) CHINON 1 EST ARRÊTE DEPUIS AVRIL 1973

(2) EN ESPAGNE (25 % DE PARTICIPATION D'EDF)

(3) EN PARTICIPATION EDF 51 % - ENEL 33 % - RWE 16 %

## TABLEAU 2

## PROGRAMME NUCLEAIRE FRANCAIS.

## REACTEUR A EAU ORDINAIRE

NOM DE LA CENTRALE	PUISSANCE ELECTRIQUE MW	ANNEE DE PROGRAMME	ANNEE DE MISE EN SERVICE INDUSTRIEL
<b>A - EN PARTICIPATION</b>			
CHOOZ (SENA) EN FRANCE - PWR	305	1960	1967 (1)
TIHANGE (SEMO) EN BELGIQUE - PWR	870	1968	1975 (2)
KAISERAUGST (ENK) EN SUISSE - BWR	925	1970	1983
<b>B - REACTEURS A EAU ORDINAIRE PRESSURISÉE EN FRANCE</b>			
FESSENHEIM 1	890	1970	1977 (3)
FESSENHEIM 2	890	1971 (72)	1977 (4)
BUGEY 2	925	1971	1978
BUGEY 3	925	1972 (73)	1978
BUGEY 4	905	1973	1978
BUGEY 5	905	1974	1979
TRICASTIN 1	925	1974	1979
GRAVELINES B1	925	1974	1979
DAMPIERRE 1	905	1974	1979
TRICASTIN 2	925	1974	1979
GRAVELINES B2	925	1975	1979
DAMPIERRE 2	905	1975	1980
TRICASTIN 3	925	1975	1980
GRAVELINES B3	925	1975	1980
DAMPIERRE 3	905	1975	1980
TRICASTIN 4	925	1975	1980
SAINT-LAURENT B1	905	1976	1981
BLAYAIS 1	925	1976	1981
GRAVELINES B4	925	1976	1981
DAMPIERRE 4	905	1976	1981
SAINT-LAURENT B2	905	1976	1981
BLAYAIS 2	925	1977	1981
CHINON B1	905	1977	1982
PALUEL 1	1.300	1976	1983
CRUAS 1	905	1978	1982
CHINON B2	905	1977	1982
EST X 1	905	1977	1983
BAS RHONE 2	905	1977	1983
PALUEL 2	1.300	1977	1983
EST X 2	905	1978	1983
SITES A PRECISER	5.000environ		

(1) PRODUCTION CUMULEE AU 1.9.1977 : 14,138 10<sup>9</sup> kWh(2) " " " : 10,914 10<sup>9</sup> kWh

(3) CENTRALE COUPLEE AU RESEAU LE 6 AVRIL 1977

(4) " " " LE 7 OCTOBRE 1977

TAULUKKO 1 c

PROGRAMME PWR ET RAPIDES

1970 - 1985

ANNEE	PUISSANCE COMMANDEE MW		PUISSANCE MISE EN SERVICE MW	
	ANNUELLE	CUMULEE	ANNUELLE	CUMULEE
1970	1 x 900	900	-	-
1971	2 x 900	2 700	-	-
1972	1 x 900	3 600	-	-
1973	1 x 900	4 500	-	-
1974	6 x 900	9 900	-	-
1975	5 x 900	14 400	-	-
1976	5 x 900 1 x 1 300	20 200	-	-
1977	4 x 900 1 x 1 300 1 x 1 200	26 300	2 x 900	1 800
1978	1 x 900 3 x 1 300	31 100	3 x 900	4 500
1979	4 x 1 300	36 300	6 x 900	9 900
1980	4 x 1 300 1 x 1 800	43 300 (1986)	5 x 900	14 400
1981	4 x 1 300 1 x 1 800	50 300 (1987)	6 x 900	19 800
1982	4 x 1 300	55 500 (1988)	3 x 900 1 x 1 300	23 800
1983	4 x 1 300 1 x 1 800	62 500 (1989)	1 x 900 1 x 1 300 1 x 1 200	27 200
1984	4 x 1 300 1 x 1 800	69 500 (1990)	3 x 1 300	31 100
1985	3 x 1 300	73 400 (1991)	4 x 1 300	36 300

Taulukko 2: EdF:n sähköenergian kustannukset 1977-01-01.

ELECTRICITE DE FRANCE

COUTS ACTUALISES DU kWh

CENTIMES 1.1.1977

	CHARBON 600 MW	FUEL OIL 700 MW	NUCLEAIRE PWR 1.300 MW
INVESTISSEMENTS .....	3,3	2,82	4,90
COMBUSTIBLE .....	7,76	8,97	2,67
EXPLOITATION .....	1,90	1,73	1,94
TOTAL .....	12,96	13,52	9,51
DESULFURATION .....		0,2 à 1,2 c	
TOTAL AVEC C DESULFURATION .....	12,96	13,72 à 14,72	9,51

UY/Tiainen

1977-12-12

1 (2)

ATS:n ekskursion 1977-10-19...27

RANSKAN EKSURSION AIKANA SAATU AINEISTO

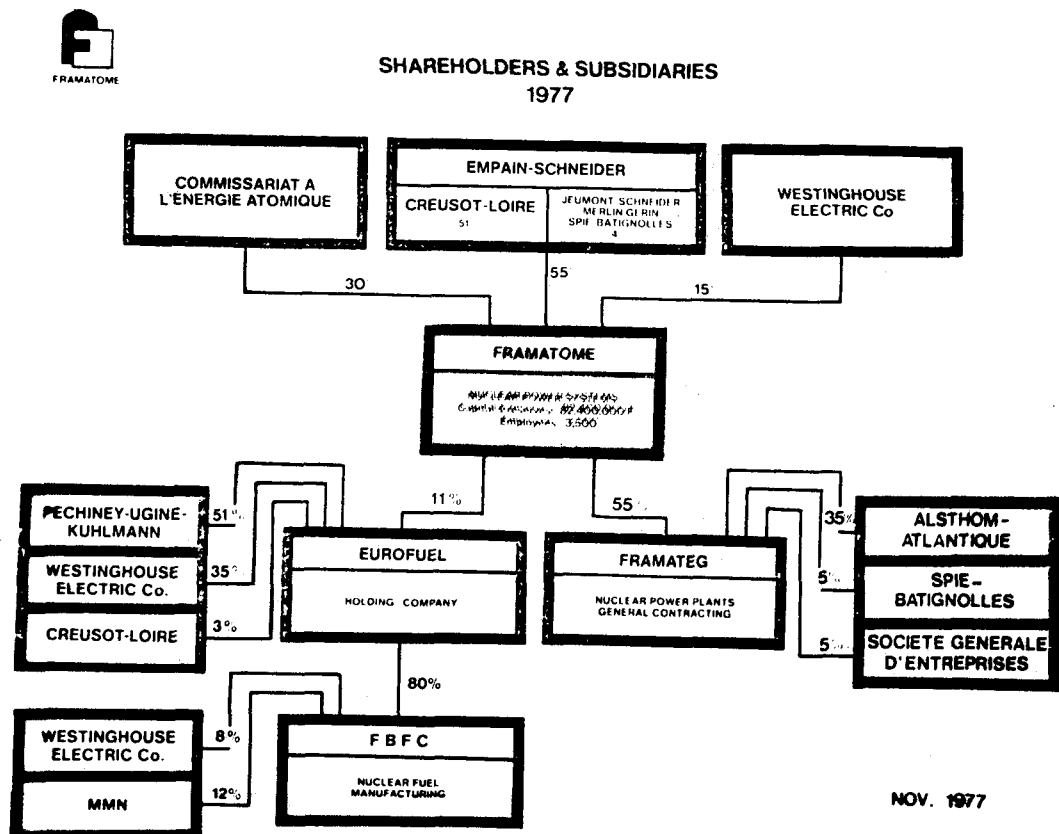
- 1 The CEA Group, March 1977 ja Le Groupe CEA, mars 1977, esitteet
- 2 L'énergie nucléaire, CEA département des relations publiques, yleisöesite
- 3 Giraud A, Essor économique et géographie nucléaire, CEA notes d'information, numéros 11-12, novembre-décembre 1976 (Atomic Industrial Forum - Washington 14-18 novembre 1976)
- 4 Giraud A, Pecqueur M et Ferrari A, Le cycle du combustible nucléaire: ombres et lumières, CEA notes d'information, numéro 5, mai 1977 (Agence Internationale de l'Énergie Atomique - Salzburg 2-13 mai 1977)
- 5 FRAMATOM Information Notes, Revision 4, October 1977
- 6 Girard Y, FRAMATOM The French PWR Designer and Manufacturer, Revision 1, October 1977
- 7 FRAMATOM, Nuclear Production Activities, 3<sup>ème</sup> édition, novembre 1976, esite
- 8 FRAMATOM Nuclear Power Plants, esite
- 9 Fram-info N°23 juillet /a<sup>o</sup>ût/septembre 1977 (Special Fessenheim)
- 10 ALSTHOM ATLANTIQUE Medium Size Nuclear Reactors Réacteurs nucléaires de moyenne puissance, esite
- 11 La Centrale nucléaire Phénix apres un an d'exploitation industrielle, 14 juillet 1975
- 12 Prototype Fast Reactor Power Station phénix, CEA and EdF in collaboration with G.A.A.A - Groupment Atomique Alsacienne Atlantique septembre 1974, esite
- 13 Megy J, Conte F et Goddet J, Trois années, d'exploitation de la centrale Phénix, ANS 8<sup>th</sup> Biennial Topical Conference on Reactor Operating Experience, Chattanooga, August 7-10, 1977
- 14 Les réacteurs à neutron rapides, EdF juillet 1977, esite

- 15 MARCOULE Nuclear Industrial Center, CEA avril 1976, esite
- 16 Vitrification of concentrated fission product solutions, CEA esite
- 17 Enrichissement isotopique de l'uranium par diffusion gazeuse, CEA septembre 1975, kokoomateos
- 18 EURODIF Tricastin plant, esite
- 19 COREDIF esite
- 20 Le complexe eurodif-édf et l'aménagement du tricastin, juillet 1976, esite
- 21 Besse G, Leduc C et Ergalant J, À l'horizon 80... Eurodif, R.G.N. - N°4 - Tome 1 - septembre - octobre 1975, p. 268...279
- 22 Eurodifin työmaan valokuvia 8 kpl
- 23 Centrale du Tricatin, EdF juillet 1975, esitekartta
- 24 La centrale de Bugey, EdF Direction de l'Équipement 1976, kokoomateos
- 25 Centrale de Bugey, Tranche 1, EdF mars 1974, esitekartta
- 26 Centrale de Bugey, Tranches 2, 3, 4 et 5, EdF juillet 1975, esitekartta
- 27 L'électricité nucléaire dans l'économie, EdF GIN 04 (A 49), Février 1977
- 28 La sûreté des centrales nucléaires, EdF GIN 05 (H24), mai 1976
- 29 Les réacteurs à eau sous pression, EdF GIN 06 (C28), juillet 1976
- 30 Le cycle du combustible nucléaire de la mine à l'usine de retraitement, EdF GIN 08 (D28), décembre 1976
- 31 L'impact des centrales sur l'environnement, rejets thermiques et rejets radioactifs, EdF GIN 12, juillet 1976
- 32 L'énergie nucléaire, les réacteurs surrégénérateurs, Super Phénix, EdF GIN 16, septembre 1976

## FRAMATOME JA CREUSOT-LOIRE

P. Niemi ja K. Törrönen

Creusot-Loire on Empain-Schneiderin finanssiryhmittymän alainen, kansainvälinen metallialan yhtiö, joka muodostettiin 1970. Creusot-Loire omistaa tytäryhtiöineen osake-enemmistön (55 %) Framatomessa, joka valmistaa Westinghousen lisenssillä painevesireaktorilla varustetuja nuklearihöyryntuotantosysteemejä. Framatomen muut osakkaat ovat Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) 30 %:lla sekä Westinghouse Electric Co. 15 %:lla. Westinghousen omistusoikeus päättyy kuitenkin 1982 mennessä, jolloin sen osuus siirtyy Creusot-Loirelle ja CEA:lle. Westinghousella, Framatomella, CEA:lla sekä Electricite de France (EdF) on lisäksi yhteistoimintasopimus tutkimusalalla, joka sekin päättyy 1982. Creusot-Loire -yhtymään kuuluvat terästehtaat, raskaat takomot ja erilaiset konepajat toimittavat Framatomelle sen tarvitsemia raaka-aineita ja puolivalmisteita. Framatome puolestaan omistaa enemmistön Framategista, joka vastaa kokonaisten ydinvoimalaitostoitusten koordinoinnista ja niiden rakennuspuolesta. Framatome omistaa lisäksi osuuden polttoainevalmistuksesta, joten Framatome hallitsee ydinvoimalaitostoitusten tärkeimmän osa-alueen lukuunottamatta turbogeneraattoreita. Eri yhtiöiden omistussuhteet selviävät tarkemmin oheisesta kaaviosta.



Framatome ja siihen assosioituneen teollisuuden tuotantokapasiteetti

Ryhmittymän valmistamat ydinvoimalaitosten pääkomponentit ja niiden tuotantokapasiteetti selviävät alla olevasta taulukosta.

Tuotantolaitos	Komponentti	Vuotuinen kapasiteetti
FRAMATOME		
- Le Creusot	Reaktoripaineastiat	8 kpl
- Chalon	Höyrygeneraattorit	18...24 kpl
	Paineistimet	8 kpl
- Courbevoie	Reaktorisydämen instrumentointi	8 systeemiä
CREUSOT-LOIRE		
- Le Creusot	Reaktorin sisäosat	8 kpl
JEUMONT-SCHNEIDER		
- Jeumont	Pääkiertopumput	24 kpl
	Säätösauvamekanismit	8 kpl 60 yksikön systeemiä
FRANCO-BELGE DE FABRICATION DE COMBUSTIBLE (FBFC)		
- Dellel	Polttoaine-elementit	400 tn U (700 tn/1980)
- Romans	ja niihin liittyvät komponentit	

Framatome toimittaa ydinvoimalaitoksia seuraavissa kokoluokissa: 600, 900...1000, 1200 ja 1300...1350 MWE. Tällä hetkellä on toimitettujen, valmisteilla olevien ja optio-naalisten yksiköiden lukumäärä 48 kpl, joista 7 kpl viennettiin. Laitokset, niiden koko ja valmistusaikataulu on esitetty oheisessa kaaviossa. Kokonaisten laitosten lisäksi on toimitettu raskaita komponentteja, lähinnä reaktoripaineastioita, Beznau 1 & 2:een Sveitsiin sekä Prairie Island 1 & 2:een ja Norcoon USA:han.

Creusot-Loiren ja Framatomen tärkeimmät tuotantolaitokset

Tehtaat ovat keskittyneet Le Creusot'hon sekä läheiseen Chalon-sur-Saoneen, josta on jokiyhteys Välimerelle.

Vierailun kohteena oli aamupäivällä Framatomen höyrykehittintehdas Chalonissa sekä iltapäivällä Framatomen paine-astiatehdas, Creusot-Loiren reaktorin sisäosia valmistava tehdas sekä Creusot-Loiren takomo Le Creusot'ssa. Vierailun isäntä aamupäivällä oli Jean-Pierre Gourmel ja iltapäivällä René Rabian; molemmat suhdetoimintaosastolta, joten teknisiin erityiskysymyksiin ei aina saatu vastauksia.



#### Creusot-Loiren takomo:

Framatomen toimittamat reaktoripaineastiat valmistetaan rengastakeista ja prässätystä pohjasta ja kannesta. Käytetty teräs on 1.2MDO7, joka on lähes identtinen A508 cl. 3:n kanssa. Teräs valmistetaan emäksisissä sähköuuneissa ja vakuumikäsitellään; suurimmat taeaihiot ovat painoltaan n. 240 tonnia. Takomossa on vanhempi 7500 tonnin prässä sekä tänä vuonna käyttöön otettu 11300/9000 tonnin prässä. Nostokalustoa on 100, 200 ja 400 tonnin nosturit. Luonnonkaasulla toimivia lämpökäsittelyuuneja on yhteensä 25 kpl. Takomon erikoisuutena voi mainita vuonna 1974 hankitun neuvostoliittolaisen Paton-instituutin toimittaman suuren sähkökuonahitsauslaitteiston. Tämä hankittiin, jotta voitaisiin kaksinkertaistaa taottavien aihoiden koko, ts. kaksi valannetta oli tarkoitus hitsata yhteen. Laite on edelleen koeajovaiheessa.

#### Framatomen Le Creusot'n tehdas:

Framatomen reaktoripaineastiatehdas on Creusot-Loiren takomon välittömässä läheisyydessä. Paineastiatehdas on valmistunut 1973. Päätuotantohalli on mitoiltaan 205 m x 37 m; se on varustettu 350 ja 80 tonnin nostureilla, vapaa nostokorkeus 23 m. Nosturiradat kestävät 600 tonnin nosturin asentamisen, mikäli sellaista tarvittaisiin tulevaisuudessa. Hallissa on päälle- ja liitoshitsauslaitteet 20...400 tonnin pyörityslaitteineen, 50...200 tonnin kääntöpöytineen, automaattihitsauspäineen jne. Hallissa on lisäksi 3 karusellisorvia sekä 2 numeerisella ohjauksella varustettua aarporaa. Päähallin vieressä on 15 m leveä 60 tonnin nosturilla varustettu halli pienempien osien, kuten yhteiden päällehitsausta ja koneistusta varten. Edellälueteltujen varusteiden lisäksi on automaattinen myöstöuuni, johon mahtuu paineastian puolikas sekä kahdella 8 MeV:n lineaarikiihtyttimellä varustettu tarkastusbunkkeri.

Hyvin lyhyen kiertokäynnin aikana saattoi todeta hallien olevan varsin siistit. Kunkin työn alla olevan paineastian osan kohdalla oli laadunvalvonta-aineisto hyvin esillä. Käytetty päällehitsausmenetelmä oli joko 1- tai yleensä 2-kerrosnauhajauhekaarihitsaus. Käytetyn nauhan leveys on 5 cm. Ensimmäinen kerros hitsataan 24Cr12Ni-tyyppisellä nauhalla kappaleen ollessa esilämmitetty, toinen ilman esilämmitystä 20Cr10Ni-tyyppisellä; kerros-paksuus on 4 mm. Liitoshitsauksessa käytetään kaksois-U-railoa ja hitsaus suoritetaan jauhekaariautomaatilla esikuumennuslämpötilan ollessa n. 150°C. Yhteet hitsataan ulkopuolelta automaattilla, sisäpuolelta käsin. Kaksi vastakkaista yhdettä hitsataan samanaikaisesti muodonmuutosten välttämiseksi, paineastian pallopäädyt päällehitsattiin myös automaattilla.

Creusot-Loiren koneistushalli:

Paineastiatehtaan kanssa samassa rakennuskompleksissa, sen toisessa päässä on Creusot-Loiren reaktorin sisäosia valmistava tehdas, joka kiertokäynnin vetäjän mukaan on alallaan Euroopan modernein. Sisäosien lisäksi konepajalla on 4 muuta tuotantolinjaa: höyryturbiinit, vesiturbiinit, kompressorit sekä sekalaiset tuotteet. Konepajassa on n. 350 työstökoneita, tärkeimmistä voi mainita  $\varnothing$  11 m:n karusellisorvin, jossa voidaan sorvata 350 tn painavia 6 m korkeita kappaleita sekä ilmastoidussa huoneessa oleva numeerisesti ohjattu aarpora reaktorin sisäosien koneistukseen.

Framatomen Chalonin tehdas:

Reaktoripaineastioita ei valmisteta loppuun saakka Framatomen Le Creusot'n tehtailla, vaan ne kuljetetaan kahtena puolikkaana Framatomen Chalon-sur-Saônen tehtaalle, jossa osat hitsataan yhteen, myöstetään sekä valmiille paineastialle suoritetaan painekoe. Tämä järjestely johtuu siitä, ettei Le Creusot ole minkään vesireitin varrella. Chalonin tehtaalla valmistetaan kuitenkin pääasiassa höyrykehittimiä sekä paineistimia. Tehdas valmistui varsin nopeasti. Rakentamispäätös tehtiin joulukuussa 1973, työt alkoivat tammikuussa 1974 ja tehdas oli valmis huhtikuussa 1976. Tehtaan hinnaksi ilmoitettiin 350 milj. frangia. Tehtaan kokonaispinta-ala on 24.500 m<sup>2</sup>, laajennusvaraa on 6.000 m<sup>2</sup>. Tehdas jakaantuu kolmeen päähalliin:

- kevyen tuotannon halli höyrystimien ja paineistimien osien koneistusta varten: 22,5 m x 260 m, kaksi 50 tn nosturia, vapaa nostokorkeus 15 m
- keskiraskaan tuotannon halli höyrystimien osakokoonpanoa ja paineistimien lopullista kokoonpanoa varten: 36 m x 272 m, 125 ja 350 tn nosturit, nostokorkeus 18 m
- raskaan tuotannon halli höyrystimien ja reaktoripaineastioiden lopullista kokoonpanoa varten: 35,5 m x 200 m, 450 ja 600 tn nosturit, nostokorkeus 23 m. Nosturirata ulottuu Saone-joelle.

Neljännän osan tehtaasta muodostavat laadunvalvontaan, huoltoon ja tutkimukseen varattu osa sekä teräskuulapuhallushalli esivalmisteiden puhdistukseen.

Tehtaan laitteistoon kuuluu mm.

- pyöritysrullastoja 600 tn saakka
- kääntöpöytiä 200 tn saakka
- erilaisia hitsausautomaatteja, lähinnä jauhekaariautomaatteja ja tuubien hitsausautomaatteja
- 2 karusellisorvia  $\varnothing$  8 m, korkeus 4,55 m
- 3 numeerisesti ohjattua aarporaa
- 2 numeerisesti ohjattua 3-teräistä syväporauskoneita tuubilevyn reikien poraamista varten.

- 1 numeerisesti ohjattu 12-teräinen pora höyrykehittimen putkien tukilevyn reikien poraamista varten (neljä tukilevyä porattiin kerralla)
- 2 myöstöuunia
- 2 testausbunkkeria lineaarikiihdytinkuvausta (8 MeV) ja Co-kuvausta varten
- reaktoripaineastioiden painekoeasema.

Tehtaan laite- ja nostokapasiteetti on suunniteltu aina 2000 MWe:n laitoksen komponentteja varten kuten myös paineasteiatehdas. Henkilökunnan kokonaisvahvuus on noin 700, josta insinöörejä 60, työnjohtajia 33, työntekijöitä 263 ja muita 375. Laadunvarmistushenkilökuntaa sisältyy em. lukuihin yhteensä 89; 5 insinööriä, 2 työnjohtotasa, 46 tarkastajaa, 36 muita.

Esittelyn ja kiertokäynnin aikana saattoi todeta tehtaan erinomaisen siisteyden ja tarkoituksenmukaisuuden. Valmistuksessa oli samanaikaisesti lähes 20 höyrystintä. Silmiinpistävää oli jälleen laadunvarmistusdokumenttien selväpiirteinen käyttö kunkin työvaiheen/osan kohdalla. Erikoisuutena voi mainita tehdasaluetta ympäröivän moninkertaisen aidan, joka oli sähköistetty. Lisäksi tehtaalla oli 8 päiväksi riittävä kaasuväriesto mahdollisten ulkopuolisten lakkojen varalta.

Framatomen valmistama höyrygeneraattori on lähes identtinen Westinghousen höyrygeneraattorin kanssa. Joitain omia ratkaisuja on kuitenkin, mm. syöttövesirenkaan konstruktio on muutettu. Höyrygeneraattori on vertikaalinen, luonnonkierrolla varustettu. Alaosa koostuu valetusta hiiliteräksestä tehdystä pohjasta (channel head), taottua hiiliteräkstä olevasta tuubilevystä (paksuus 600 mm/900 MWe), joka on päällystetty Inconel 600:lla, U-putkinipusta (3388 putkea  $\varnothing$  22 mm, seinämänpaksuus 1,2 mm, materiaali Inconel 600/900 MWe), sylinterimäisestä kahdeksaa tukilevyä kannattavasta osasta ja rungosta, joka on tehty samasta teräksestä kuin reaktoripaineastia, mutta valssattuna. Yläosa koostuu syöttövesirenkaasta, kosteudenerottimista syklooneineen ja virtausentasaaajista, joita ympäröi halkaisijaltaan alaosa laajempi vaippa. 900 MWe:n laitoksen 3 höyrykehittintä painavat kukin 300 tonnia ja ovat 21 m korkeita. Putkien tukilevyt tehdään toistaiseksi ferriittisestä teräksestä, mutta mahdollisen dentingin estämiseksi materiaali tullaan vaihtamaan, samoin konstruktio.

Kiertokäynnin aikana voitiin todeta putkien asennuksen tapahtuvan seuraavasti:

- alempi sylinterimäinen osa asetetaan vaakasuoraan asentoon
- tuubilevyn puoli suljetaan pölytiiviseen tilaan
- valmiiksi taivutetut putket asennetaan, mankeloidaan mekaanisesti koko tuubilevyn paksuudelta ja hitsataan ns. "sunken-tube" -menetelmää käyttäen yhdellä kertaa automaattisesti TIG-menetelmällä (aikaisemmin käytettiin kahta hitsausvaihetta)

- joka sadas hitsi tehdään koepalaan, joka tutkitaan tarkemmin
- asennuksen aikana putkien tukilevyissä on miesluukut, jotka myöhemmässä vaiheessa hitsataan kiinni
- höyrygeneraattorin alempi osa asetetaan pystysuoraan tuubilevy ylöspäin
- tuubilevyn puoli suljetaan jälleen pölytiiviseen tilaan
- hitsien tiiviys tutkitaan typpipainekokeella

Framatomen ja Creusot-Loiren laadunvarmistuskäytäntö perustuu 10 CFR 50 Appendix B:hen ja ASME III:een. Framatomella on ollut vuodesta 1973 ASME:n N- ja NPT-stampit.

Risto Sairanen

## PHÉNIX 250 MWe LMFBR

Phénix on natriumjäähdytteinen, 250 MW sähkötehoa tuottava nopea hyötöreaktori. Laitoksen omistavat CEA (Commissariat à l'énergie atomique) ja EDF (Electricité de France), josta CEA:n osuus on 80 % ja EDF:n 20 %. Reaktorin tarkoituksena on osaksi toimia koelaitoksena suurempaa, 1200 MWe hyötöreaktoria, "Super-Phénixia" varten.

Phénixin rakennustyöt aloitettiin Marcoulessa, Avignonin lähellä vuonna 1968. Reaktori tehtiin ensimmäisen kerran kriittiseksi elokuussa 1973. Kaupallinen sähkön tuotanto alkoi heinäkuussa 1974, jonka jälkeen laitos toimi ilman suurempia häiriöitä yli kahden vuoden ajan lokakuuhun 1976, jolloin havaittiin vuoto välilämmönvaihtimessa (lämmönvaihdin primaari- ja sekundaarinatriumin välillä). Tämän jälkeen on reaktori ollut pysäytettynä lämmönvaihtimien tarkastuksen ja korjaustöiden johdosta. Kuvassa 1 on kaavio reaktorin käytettävyydestä vuoden 1974 heinäkuusta alkaen. Kahden ensimmäisen toimintavuoden aikana havaitut viat olivat höyrygeneraattoreissa esiintyviä pienenhöyry vuotoja. Reaktorin keskimääräinen kuormitussuhde tältä ajalta oli n. 70 %.

Reaktorin terminen teho on 563 MW, sähköteho on 254 MWe brutto ja 233 MWe netto. Terminen hyötysuhde on noin 45 % brutto ja 42 % netto.

Reaktorisydän muodostuu sisällä olevasta aktiivista sydäimestä, jossa käytetään  $\text{PuO}_2/\text{UO}_2$ -polttoainesauvoja. Tämän ympärillä radiaalisuunnassa on köyhdytetystä uraanista valmistettujen  $\text{UO}_2$ -polttoainesauvojen muodostama fertiili vaippa.

Aktiivi sydän on jaettu kahteen osa-alueeseen. Sisemmän vyöhykkeen muodostaa 55 polttoainesauvanippua, joissa plutoniumdioksidin osuus koko polttoainematriisista on 17,2 tilavuusprosenttia. Ulomassa vyöhykkeessä on 48 polttoainesauvanippua, joissa vastaava  $\text{PuO}_2$ :n osuus on 24,4 tilavuusprosenttia.

Aktiivin osan polttoainesauvanippu on jaettu kahteen osaan. Alemman osan muodostaa 217 heksagonaaliseen hilaan järjestettyä polttoainesauvaa, joiden pituus on 1793 mm ja halkaisija 6,55 mm. Sauvan alapäässä on aksiaalinen kaasutila (plenum), jonka päällä on fertiilejä  $\text{UO}_2$ -tabletteja. Näiden yläpuolella ovat vasta aktiivit  $\text{PuO}_2/\text{UO}_2$ -tabletit. Aktiivin osan pituus on 850 mm. Polttoainetablettien halkaisija on 5.5 mm, joten suojakuoren paksuus on n. 0.5 mm. Suojakuoren materiaali on ruostumatonta terästä (316). Polttoainesauvojen tukihila kiertää sauvaa spiraalin muotoisena.

Polttoainesauvanipun yläosaan on aktiivien sauvojen päälle asetettu 37 heksagonaaliseen hilaan järjestettyä  $\text{UO}_2$ -sauvaa, jotka toimivat ylempänä aksiaalivaippana. Näiden sauvojen yläpuolella on vielä neutronisuojaus. Sauvanipun ympärillä on heksagonaalinen, ruostumattomasta teräksestä valmistettu vaippaputki.

Radiaalinen fertiilien polttoainesauvojen vaippa koostuu 90 sauvanipusta, joissa kussakin on 61 köyhdytettyä uraania sisältävää  $\text{UO}_2$ -polttoainesauvaa. Reaktorin säätöön on käytettävissä 6 säätösauvaelementtiä.

Primaaripiirin natrium (yhteensä 850 t) kierrätetään kolmella kierrätyspumpulla. Natriumin sisääntulolämpötila on n.  $400^\circ\text{C}$  ja ulostulolämpötila n.  $560^\circ\text{C}$ . Kuusi välilämmönvaihdinta on sijoitettu pareittain kolmeen toisistaan riippumattomaan piiriin. Primaaripiirin natriumin puhdistus hoidetaan "cold trap" tyyppisillä puhdistimilla.

Koko primaaripiiri, sekä primaaripiirin kierrätyspumput ja välilämmönvaihtimet on sijoitettu kolminkertaisen paineastian sisään. Sisemmän kaksinkertaisen paineastian tarkoituksena on minimoida natriumvuodot ohjaamalla kaksinkertaisen paineastian sisempään kuoreen mahdollisesti syntyvistä halkeamista vuotava natrium sisä- ja ulkokuoren välissä olevaan kapeaan rakoön. Mikäli ulompään kuoreen ei synny halkeamia, pysyy sydän tässä tilanteessa täysin jäädytteen peittämänä. Uloimman paineastian tarkoituksena on estää radioaktiivisten fissiotuotteiden vapautuminen mahdollisen onnettomuuden sattuessa, sekä huolehtia reaktorin ja betonin välisestä lämpöeristyksestä (kuva 2).

Sekundaaripiirin natrium kiertää kolmessa toisistaan riippumattomassa piirissä välilämmönvaihtimista höyrygeneraattoreihin. Natriumin määrä piirissä on  $3 \times 130 \text{ t} = 390 \text{ t}$ . Höyrygeneraattori muodostuu 12 moduliin asennetuista haihduttimesta, tuulistimesta ja välitulitimesta. Turbogeneraattori on tavallista, konventionaalissa laitoksissa käytettävää tyyppiä.

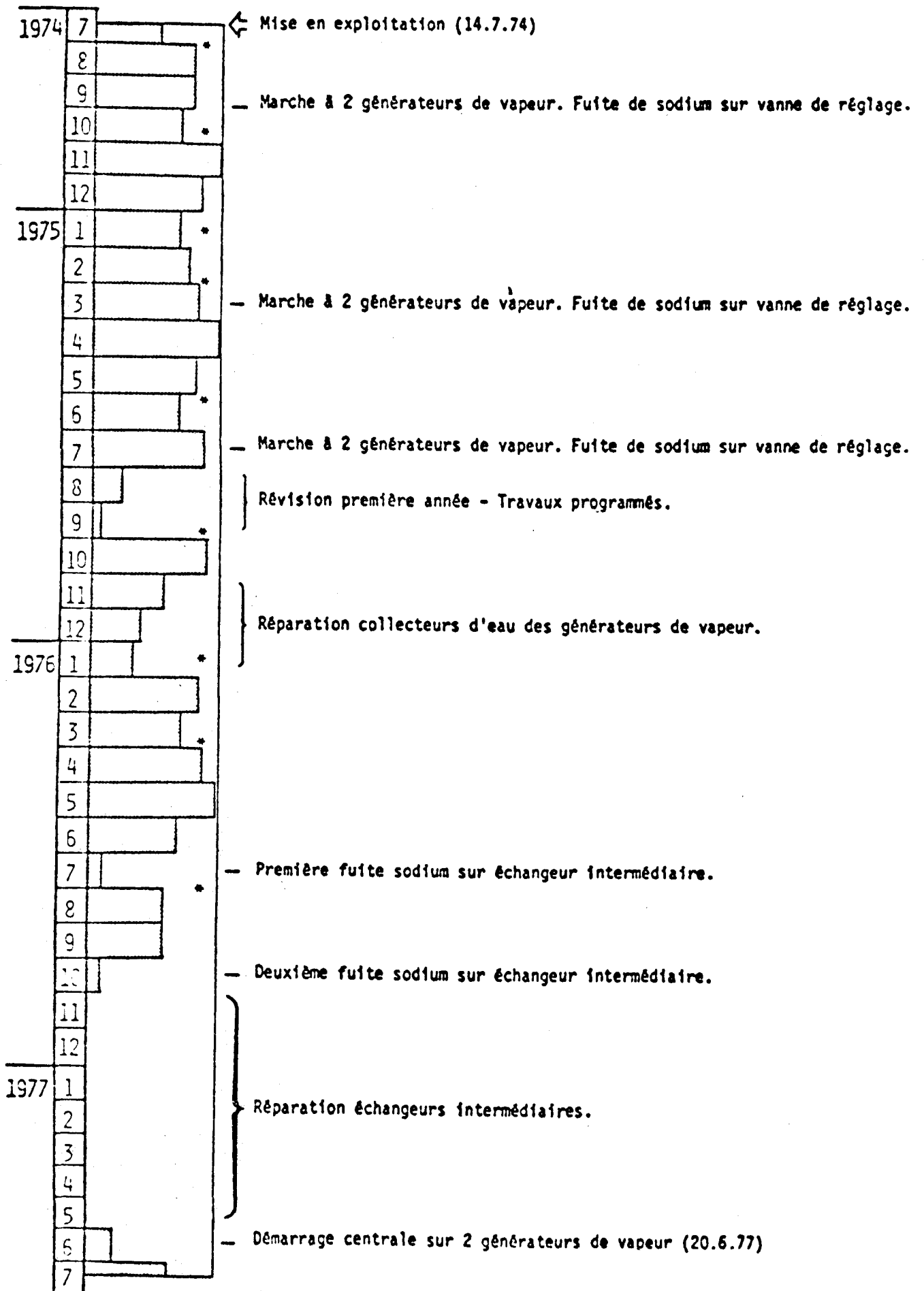
Käydyssä keskustelussa ilmoitettiin laitoksen toiminnan ennen lämmönvaihtimissa havaittuja vikoja olleen tyydyttävä. Mm. polttoaineaurioita ei oltu havaittu lainkaan, ja suunniteltua maksimipalamaa oli voitu nostaa 50 000 MWd/t:sta 60 000 MWd/t asti. Reaktorissa oli lisäksi tehty kokeita maksimipalamalle 70 000 MWd/t. Kysymykseen primaaripiirin natriumin plutoniumpitoisuudesta ilmoitettiin, että plutoniumia ei primaaripiirissä ole lainkaan. Tämä johtuu tietysti polttoaineaurioiden puuttumisesta.

Välilämmönvaihtimissa havaitun vuodon paikka näkyy kuvassa 3. Vaurio havaittiin ensimmäisen kerran kesäkuussa 1976, mutta reaktoria ajettiin tämän jälkeen vielä 2/3 teholla vioittunut piiri pois kytkettynä. Kun toisessakin välilämmönvaihtimessa havaittiin vuoto lokakuussa 1976, laitos suljettiin ja lämmönvaihtimien tutkimus- ja korjaustyöt aloitettiin.

Vuodon aiheutti lämmönvaihtimen yläosassa olevaan hitsisaumaan tullut murtuma. Murtuma aukesi sekundaaripiirin tulon ja lähdön välillä olevaan, lämpöerottimena toimivaan aukkoon, joka normaalisti on täytetty argonilla. Halkeaman syynä pidettiin lämpöerottimeen sijoitettua, biologisena suojuksena toimivaa metallilieriötä. Lieriön ulko- ja sisäpuolen erisuuruinen lämpölaajeneminen aiheutti luultavasti paikallista deformaatiota, joka puolestaan aiheutti sekundaaripiirin ulostuloputken sisäseinämään murtumaan johtaneen jännityksen.

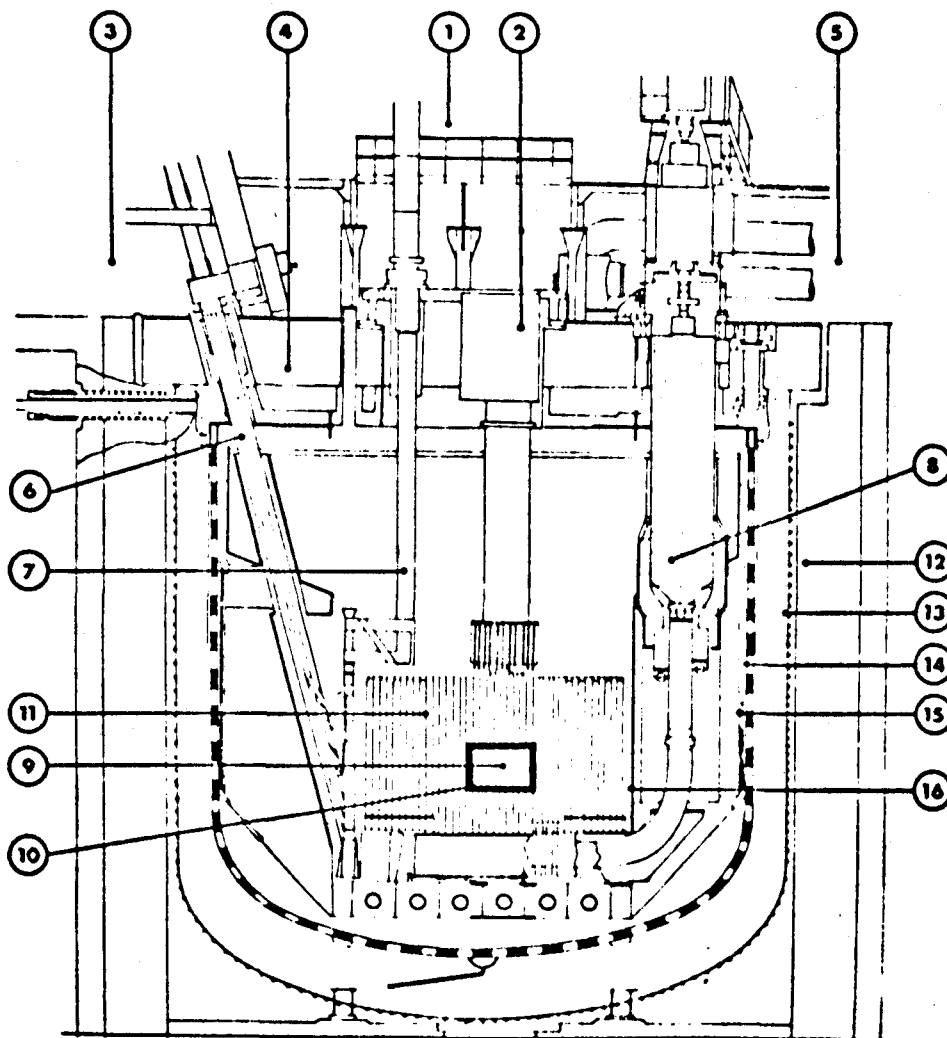
Kun kaksi ensimmäistä lämmönvaihdinta on korjattu, on laitosta tarkoitus ajaa 2/3 teholla ja korjata loput neljä lämmönvaihdinta kaksi kerrallaan. Tähän laitoksen osittaiseen käynnistämiseen odotettiin päästävän jo vuoden 1977 puolella.

# DIAGRAMME DE FONCTIONNEMENT



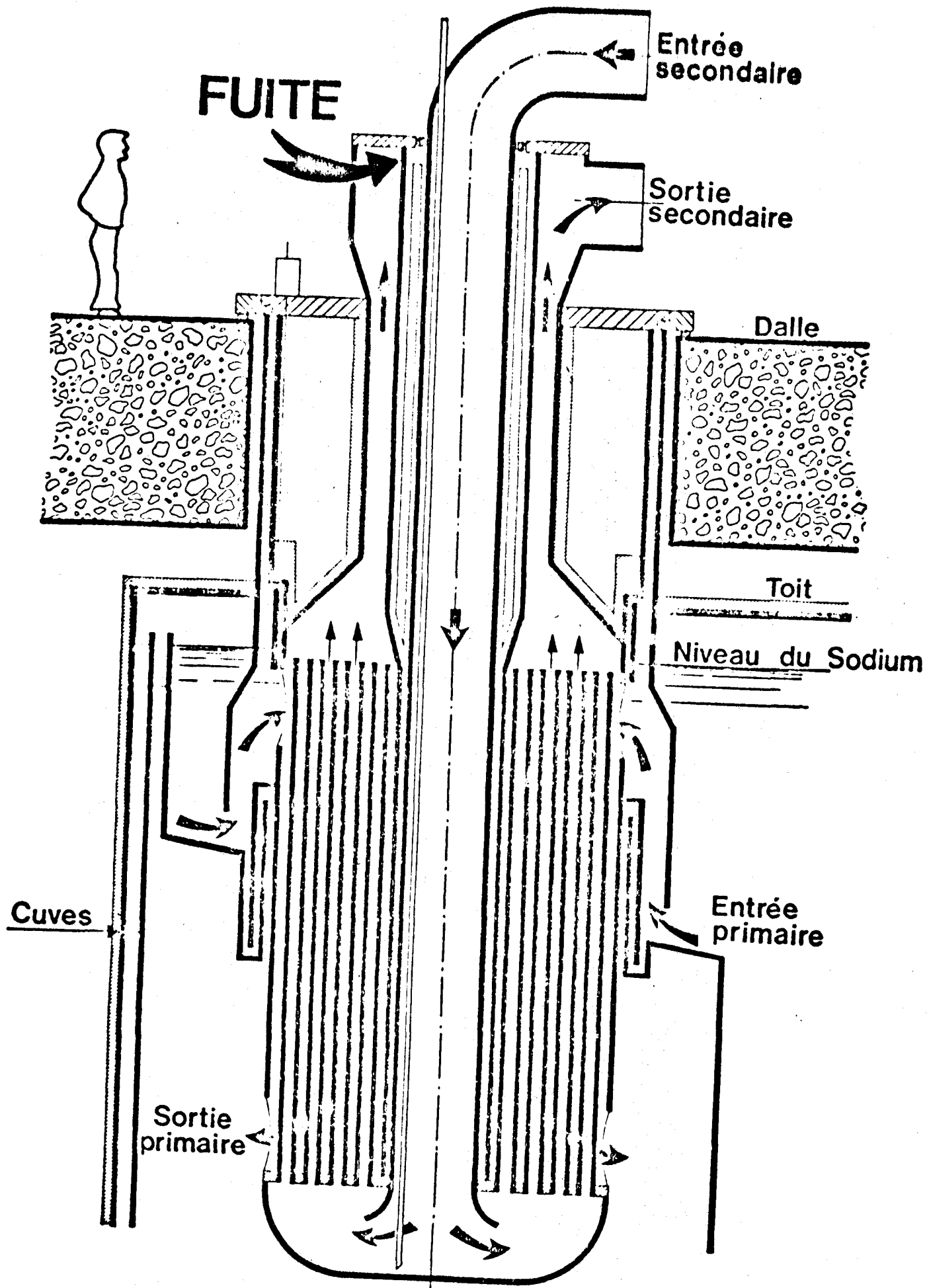
## Vertical cross-section of Phenix

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <b>1</b> Reactor building working floor | <b>9</b> Fissile core               |
| <b>2</b> Rotary plug                    | <b>10</b> Fertile blanket           |
| <b>3</b> Air-lock                       | <b>11</b> Neutron shield            |
| <b>4</b> Slab                           | <b>12</b> Lateral biological shield |
| <b>5</b> Loft                           | <b>13</b> Primary containment       |
| <b>6</b> Fuel ramp                      | <b>14</b> Double-wall containment   |
| <b>7</b> Transfer arm                   | <b>15</b> Main tank                 |
| <b>8</b> Pump                           | <b>16</b> Core tank                 |



Kuva 2





Jorma Heinonen

VTT/REA

## YDINJÄTEHUOLTO JA MARCOULEN LASITUSLAITOS

### 1. Yleistä

CEA:n pääkonttorissa pidetyissä informaatiotilaisuuksissa oli tilaisuus keskustella Ranskan ydinjätehuoltopolitiikan suuntaviivoista.

Ydinjätteen pitkäaikaisvarastointi ja lopullinen sijoitus tulee tapahtua valtion vastuulla ja valvonnassa.

Kysymys jätteistä aiheutuvan pitkäaikaisen taloudellisen rasitteen kantamisesta ei ole vielä ratkaistu. Yhtenä mahdollisuutena pidetään jätehuoltokustannusten huomioonottamista tuotetun sähkön hinnassa. Kysymys sanottiin olevan epäajankohtainen mm. siksi, että tähänastiset jätteet ovat tulleet valtion laitoksista ja ne niin muodoin kuuluvat luonnostaan valtion huostaan. Toiseksi ydinjätteen lopullista sijoittamista ei toteuteta ennen vuotta 1990.

Korkea-aktiivisen ydinjätteen lopullisen sijoituksen suhteen edetään rauhallisesti tutkien perinpohjaisesti eri ratkaisuvaihtoehtoja. Sijoitus geologisiin muodostumiin katsotaan tällä hetkellä yhdeksi päävaihtoehdoksi. Nykynäkymien mukaan kiinteytettyä (lasitettua) korkea-aktiivista jätettä tullaan välivarastoimaan useita vuosikymmeniä (20...50 a) ennen lopullista sijoitusta. Käytetyn polttoaineen lopullista sijoittamista ilman jälleenkäsittelyä pidetään epärealistisena. Ranskassa suunnitellaan rakennettavaksi jälleenkäsittelykapasiteettia seuraavasti:

Aika	Käsittelykapasiteetti käytettyä oksidipolttoainetta (t/a)
jo olemassaoleva	400
1980	1200
1985	2000
1990	2800

Käytetty polttoaine lähetetään voimaloilta La Haqueen 6 kk:n säilytysajan jälkeen.

Ranskan tarjotessa jälleenkäsittelypalvelujaan ulkomaille edellytetään, että korkea-aktiivinen jäte voidaan palauttaa alkuperänsä.

Jälleenkäsittelyjätteen rinnalla ydinvoimalaa käytettäessä syntyvää alhais- ja keskiaktiivista jätettä pidetään sängen toisarvoisena. Toistaiseksi nämä jätteet on varastoitu keskitetysti La Haqueen. Märkien jätteiden kiinteyttämässä vallitseva tekniikka on betonointi. Tutkimuslaitoksissa (esim. Marcoulessa) on sovellettu myös bitumointia. Jätteen kiinteyttämistä myös muoviin on kokeiltu Ranskassa.

Voimaloilla syntyvä alhaisaktiivinen roina on yleensä puristettu metallitynnyreihin tilavuuden pienentämiseksi.

Lähiaikoina on odotettavissa uudelleen arviointia ja muutoksia ydinvoimalajätteen valtakunnallisessa huoltostrategiassa. Ensimmäisenä tavoitteena on varastoitavan jätteen tilavuuden pienentäminen. Tällöin harkitaan myös tehokkaan polttolaitoksen rakentamista La Haqueen palavaa alhaisaktiivista roinaa varten.

Ydinteknisten laitosten käytöstä poisto ennakoidaan ja otetaan huomioon nykyään jo laitosten suunnittelussa ja rakentamisessa. Laitosten käytöstäpoisto- ja purkamiskustannusten arvioidaan olevan noin 10%...15% rakentamiskustannuksista.

## 2. Korkea-aktiivisen nesteen lasitus Marcoulessa

Marcoulessa on toiminnassa laitos, joka käsittelee käytettyä uraanipolttoainetta grafiittihidasteisista kaasujäähdytteisistä reaktoreista.

Jälleenkäsittelyprosessin tuloksena saatava merkittävin jätefraktio on korkea-aktiivinen liuoskonsentraatti, joka sisältää fissiotuotteita ja jota säilytetään jäähdytettävissä tankeissa. Tätä jätettä on kiinteytetty pilot plant koelaitoksella lasittamalla. Lasitustuotteita on valmistettu vuosina 1969...1973 kaikkiaan 11 000 kg, joiden yhteinen radioaktiivisuus on  $5 \times 10^6$  Ci.

Kiinteytysprosessi käsittää jäteliuksen kalsinointia seuraavan lasituksen lisäämällä kalsinaattiin lasia muodostavat pii- ja boorioksidit noin  $1100^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilassa. Sula lasimassa valutetaan teräslieriöön, jonka korkeus on 1 m ja halkaisija 50 cm, (kolmessa 50 l:n erässä), ja jossa tuote säilytetään rakennuksessa varastopaikassa.

Jo käytetyn pilot plant laitoksen lisäksi Marcouleen on rakennettu teollisen mittakaavan lasituslaitos, jota on koekäytetty inaktiivisilla simulaatioilla. Teolliseen tuotantoon päästään lähitulevaisuudessa ja tällöin on tarkoitus kiinteyttää kaikki vuodesta 1958 kertyneet nestemäiset fissiotuotekonsentraatit sekä vuoteen 1990 vielä kertyvät jätteet. Uuden laitoksen tuotantokapasiteetti on noin 150 l lasia päivässä.

Tuotteet poikkeavat niistä lasitustuotteista, joita saadaan kun kiinteytetään korkeapalamaista kevytvesireaktoreiden oksidipolttoainetta. Nämä lasitustuotteet näet sisältävät vain fissiotuotteita. Tuotteiden ominaisuuksia selvittävät testit oikeuttavat ennustamaan kemiallis-fysikaalisten ominaisuuksien pysyvän tyydyttävänä 1000...2000 vuotta. Lasitusta ja lasitustuotteita on tutkittu Saclayssa vuodesta 1958 ja Marcoulessa vuodesta 1965 alkaen.

Kiinteytettävän nestekonsentraation lämmönkehitys on 7 W/l, mutta tulevaisuudessa kiinteytetään myös aktiivisempaa liuosta; 35 W/l. Kiinteyttämällä saavutetaan noin 5-kertainen tilavuuden pienennys. Lasitustuotetta sisältävät terässylinterit (0,5 m x 1 m) varas-

toidaan betonimassiviin rakennettuihin lattiakaivoihin. Kaivot koostuvat betoniin upotetuista teräsputkista, joiden halkaisija on 60 cm ja pituus 10 m. Näitä kaivoja on kaikkiaan 220 kpl ja kuhunkin voidaan sijoittaa 10 kpl lasitustuotesylinteriä.

Jos käsitellään 10 000 tonnia grafiittihidasteisen kaasujäähdytteisen reaktorin käytettyä polttoainetta, niin saadaan 120 kuutiometriä lasitustuotetta. Tämän määrän varastoiminen vaatii 80 kpl Marcoulén sijoitusputkia ja 1/3 laitokselle rakennetusta varastokapasiteetista.

Varastointiputkissa on ilmajäähdytys, jonka ansiosta lämpötila lasisylinterin keskustassa on noin 600°C ja reunoilla noin 200°C. Ulospumpatun ilman lämpötila on noin 100°C. Tietyn säilytysajan jälkeen ilman puhaltamisesta voidaan luopua ja jättää jäähdytys luonnollisen ilmankierron varaan.

DI Ilmari Kianne

DI Matti Lahti

IVO

KÄYNTI ELECTRICITE DE FRANCE`N TRICASTIN`N 4 x 900 MW:N YDINVOIMALAITOSTYÖ-  
MAALLA 25.10.1977

#### Esittely

Info-rakennuksessa esitettiin voimalaitoksen yleissuunnittelua ja rakennetta, jonka jälkeen suoritettiin kiertoajelu työmaalla ja lopuksi käytiin rakenteilla olevassa reaktorirakennuksessa Tricastin 1:ssä.

#### Sijoitus ja yleisiä näkökohtia

Laitos sijaitsee Rhone-joen sivuun tehdyn vesivoimalaitoksen kanavan varrella. Maapengerrys erottaa laitosalueen jäähdytysveden tulokanavasta, josta vesi johdetaan betoniseinässä olevien aukkojen läpi pumppaamoon ja sieltä kullekin yksikölle kahden halkaisijaltaan 3 m putken kautta. Pumppuja on laitosta kohti 2 kpl á 21,3 m<sup>3</sup>/s ja jäähdytysvesi johdetaan takaisin Rhoneen.

Kuten kuvassa 1 esitetystä voimalaitosplaanista ilmenee, että yksiköiden sijoittelu on tiivis; 2 kpl yhteenkytkettyä yksikköä. Yleisvaikutulma on erittäin kompakti kokonaisuus. Reaktorirakennuksen ja sitä ympäröivän apurakennuksen seinät olivat betonia. Ne on valettu suurmuottitekniikalla, saumoissa rima, joka antaa seinälle suorakaiteista muodostuvan peruskuvioinnin. Turpiinivali oli verhottu profiloidulla pellillä; keskeneräistenkin julkisivujen näkymät olivat karun asiallisia.

Laitospaikan valintaan oli jäähdytysveden saannin lisäksi vaikuttanut riittävä työvoiman tarjonta ja väestön myönteinen suhtautuminen laitoksiin. Laitosalueella ei ollut parakkikylää työntekijöitä varten. Kukin hankki asuntonsa itse tai kävi kotoaan työmaalla.

Kaikki neljä yksikköä olivat rakenteilla muodostaen yhtenäisen jatkuvan sarjan. Rakennustyö oli annettu yhden urakoitsijan suoritettavaksi yksikköhinnoin ja ne oli sidottu indeksiin. Rakennustyöt oli suunnitteluvaiheessa pyritty erottamaan asennustyöstä mahdollisimman pitkälle.

Laitoksen rakentaminen

Rakennustyöt oli aloitettu seuraavasti:

Tricastin<sup>n</sup> reaktorirakennus 1 joulukuussa -74; TR.2 tammi-  
kuussa -75, TR.3 heinäkuussa -75 ja TR.4 joulukuussa -75.  
Tavoiteaikataulun mukaan valmistuisi TRICASTIN 1 huhtikuussa  
-79, TR.2 syyskuussa -79, TR.3 maaliskuussa -80 ja TR.4 heinä-  
kuussa -80. Yhteinen teho 3 600 MW ja energia 24 miljardia  
kWh/vuosi. Ko. sähköenergia käytetään kokonaisuudessaan lähei-  
sen EURODIEF<sup>n</sup> uraanin kaasudiffuusiolaitoksen tarpeisiin.

Tällä hetkellä oli Tricastin 1 rakennustöiden osalta lähes  
valmis; TR.2:n suojarakennuksen kuvun valua valmisteltiin;  
TR.3:sta oli suojarakennuksen seinät arviolta polarnosturin ta-  
solla ja kattokupu maassa rakenteilla; TR.4:ssä oli suojaraken-  
nus noin 6 metriä maanpinnan yläpuolella.

Rakennusvaihe oli erittäin sopiva ajatellen tutustumista työ-  
maahan.

TRICASTIN<sup>n</sup> 2:n yhteenrakennetun yksikön päämassat:

	Betonia
Reaktorirakennus	40 000 m <sup>3</sup>
Polttoainerakennus	22 000 "
Apurakennus	30 000 "
Sähkölaiterak.	23 900 "
Turpiinirakennus	48 000 "
Muut	41 300 "
Yhteensä	<u>206 000 m<sup>3</sup></u>

Rakennukset ovat massiivisia. Apurakennuksessa on 38 % ja poltto-  
ainevarastossa 52 % rakennustilavuudesta betonia.

Rakenteissa oli huomioitu maanjäristys 0,26 horisonttaalisuun-  
taan sekä lentokonetörmäys koneen massan ollessa 5.7 t ja nopeus  
100 m/s (Lear Jet) reaktori- ja sähkörakennuksen kohdalla; muu-  
alla koneen paino 1,5 t ja nopeus 100 m/s. (Cessna). Turpiini-  
hallin ja reaktorin välissä oli noin 1 metrin vahvuinen betoni-  
seinä, jonka tehtävä oli ottaa vastaan oletettu turpiinimissiili.

Reaktorirakennus

Reaktorirakennus on 37 m halkaisijainen jännitetty betonisylin-  
teri, jonka sisäpinnassa on 6 mm teräksinen tiivistysverhous.  
Reaktorirakennuksen poikkileikkaus on esitetty kuvassa 2 ja  
vaakaleikkaus kuvassa 3. Työmaalla oli nähtävissä verhouksen  
laakea kattokupoli, joka nostetaan kokonaisena, suojaseinän ja  
sisäosien rakentamisen jälkeen paikalleen. Verhouksen rakentami-  
nen kulki edellä. Teräsbetoninen suojasylinteri rakennettiin as-  
teittain suurmuottien avulla perässä. Ensimmäisessä yksikössä  
oli reaktori, pumput ja höyrygeneraattorit (3 kpl) asennettu pai-  
kalleen. Raskaitten kappaleiden kuljetus oli ratkaistu siten,  
että päätason (+20.00) kohdalle ulkosylinteriin oli jätetty pyö-  
reä aukko, jonka sulkemista varten oli tehty raskas laakea, kupo-

likansi teräksestä. Raskaat komponentit oli tuotu sisään ko. aukosta ja tarkoituksena oli, että aukko olisi avattavissa myös käytön aikana esim. mahdollista höyrygeneraattorien vaihtoa varten (viranomaisten vaatimus). Aukon kohdalla ulkopuolella oli teräksinen nostoporttaali nostureineen. Nosturia voidaan käyttää kaikissa neljässä laitoksessa yhteisenä. Polarnosturin kisko oli kiinnitetty suoraan esijännitettyyn betonikuoreen tukeutuvaan ulokkeeseen.

Höyrygeneraattorin alapäässä oli neljä vertikaalista nivelöityä teräksistä hätätukea. Sivusuunta oli estetty seinään tuetuilla kiinteillä tuilla. Vastaava uloke oli kiinnitetty höyrygeneraattoriin, tukien välillä liukupinta. Höyrygeneraattori oli hoitotasosta ylöspäin suojattu betonielementein. Ne niinkuin muutkin primääripiirin laitteet oli sijoitettu vahvojen betoniseinien eristämiin omiin tiloihinsa, kuten kuvasta 3 ilmenee. Hoitotasot olivat ritiläelementtejä. Niiden kannattajaulokkeet oli pultattu kiinni seiniin. Yleensä ei myöhemmin porattuja reikiä ollut näkyvissä, betonipintojen laatu oli kauttaaltaan korkeatasoista samoin pintakäsittelyt.

Reaktorin teknillisiä arvoja:

REAKTORITYYPPI PWR painevesireaktori

Lämpöteho	4 x 2785 MW
Sähköteho netto	4 x 925 "
brutto	4 x 957 "

Valmistaja FRAMATOME-CREUSOT-LOIRE Westinghousen lisenssillä.

#### Turpiinihalli

Turpiinihalli muodosti pitkän yhtenäisen hallirakennelman, jossa oli 4 kpl 900 MW:n turpiinia hallin suunnassa. Katso kuva 4. Hallin alarakenteet päähoitotasolle saakka ja turpiinin perustukset olivat paikalle valettua betonia. Siitä ylöspäin jatkuvat teräspilarit ja kattoristikot profiilipeltiverhouksineen. Teräsrakenteet olivat siroja ja kevytrakenteisia sekä ilmeisesti nopeita asentaa.

TURPIININ TEKNILLISIÄ ARVOJA:

4 kpl turpiineja

Kierrosluku 1 550 r/min.

Höyryarvot

Paine	55 bar
Lämpötila	270 °C

Valmistaja ALSTHOM-ATLANTIQUE

Yleishavainnot

Rakennustyöläisten määrä työmaalla oli tällä hetkellä noin 1 500, joka on lähes maksimitarve. Aseennustyöläisiä arvioitiin tarvittavan 200-300 enemmän huipputarpeen esiintyessä eriaikaisesti. Asentajia oli tällä hetkellä noin 750.

- Nostureita näkyi alueella runsaasti; arvio yli 20 kpl
- Työmaa oli siistin näköinen; työpisteissä ei esiintynyt ylimiehitystä
- Kaikki merkit viittasivat hyvinsuunniteltuun ja aikataulutettuun taloudelliseen rakentamiseen ja asentamiseen.

KÄYNTI ELECTRICITE DE FRANCE'N BEGEY'N YDINVOIMALAITOSTYÖMAALLA 26.10.77

**Sijointus ja työmaa** Laitos sijaitsee Rhonen rannalla noin 35 km päässä Lyonin kaupungista varsin asumattomalla maanviljelysalueella. Jäähdytysvetensä laitos saa Rhonesta lukuunottamatta yksikköjä 4 ja 5, joita varten on rakennettu jäähdytystornit. Laitoksen plaani on esitetty kuvassa 5.

Työmaa oli siisti ja pienehkön näköinen. Laitosrakennukset vaikuttavat pieniltä erikoisesti mahtavia jäähdytystorneja vasten tarkasteltuna. Julkisivut mielestäni vaatimattoman asiallisia profiilipelti- ja puhtaaksi valettuja, uritettuja betonipintoja.

**Rakentaminen** Yleisesti ottaen olivat kaikki rakennustyöt loppuvaiheessa. Laitoksen valmistumisaikataulu on seuraava:

- |         |               |                  |
|---------|---------------|------------------|
| Bugey 2 | käynnistys    | joulukuussa -77  |
| Bugey 3 | valmistuminen | maaliskuussa -78 |
| Bugey 4 | "             | elokuussa -78    |
| Bugey 5 | "             | joulukuussa -78  |

Bugey 2:n työt alkoivat 1971, B.3 alkoi 1972, B.4 ja B.5 1973.

Käynnin yhteydessä odotettiin Bugey 2:ssa latauksen alkavan parin päivän kuluessa.

Niinkuin plaanista kuva 5 selviää ovat B.2 ja B.3 sekä B.4 ja B.5 kaksoisyksiköitä, jotka on sijoitettu lomittain toisiinsa nähdessä.

Pääläy-out ja rakenteet ovat samaa tyyppiä kuin Tricastanissa; onhan yksikköjen teho sama ja laitteet identtiset. Kuitenkin Tricastania on pyritty parantamaan Bugey'n nähdessä. Huomattavin ero oli pääkulkuaukon sijoituksessa. Täällä se on maanpinnan tasossa ja höyrygeneraattorien vaihtoa ei voida myöhemmin suorittaa.



Piirustuksessa 6 on esitetty reaktorirakennuksen poikkileikkaus. Vertaamalla Tricastin'n poikkileikkaukseen, kuva 2, huomaamme eroja lay-outissa. Tricastin'nissa on reaktori ja höyrykehittimet painettu alemmaksi ja polarnosturin tukitapa on toinen. Bugeyssä se on tuettu rengasseinän päältä. Tricastin'issa on nosturin tukemistavasta johtuen päästy pienempään suojarakennuksen halkaisijaan.

Käynnin yhteydessä tutustuttiin myös Bugey 1:een, jossa on luonnon uraania käyttävä, grafiittimoderoitu kaasujäähdytteinen, jännitetystä betonista rakennettu, vuonna 1972 käyttöön otettu reaktori. Yksikön bruttoteho on 540 MW. Lopuksi seurattiin koulutusmulaattorin toimintaa.

Teknillisiä arvoja:

Bugeyn yksiköt 2 ja 3 jäähdytetään suoraan Rhonen vedellä ja niiden tehot ovat:

Reaktorityyppi PWR painevesireaktori

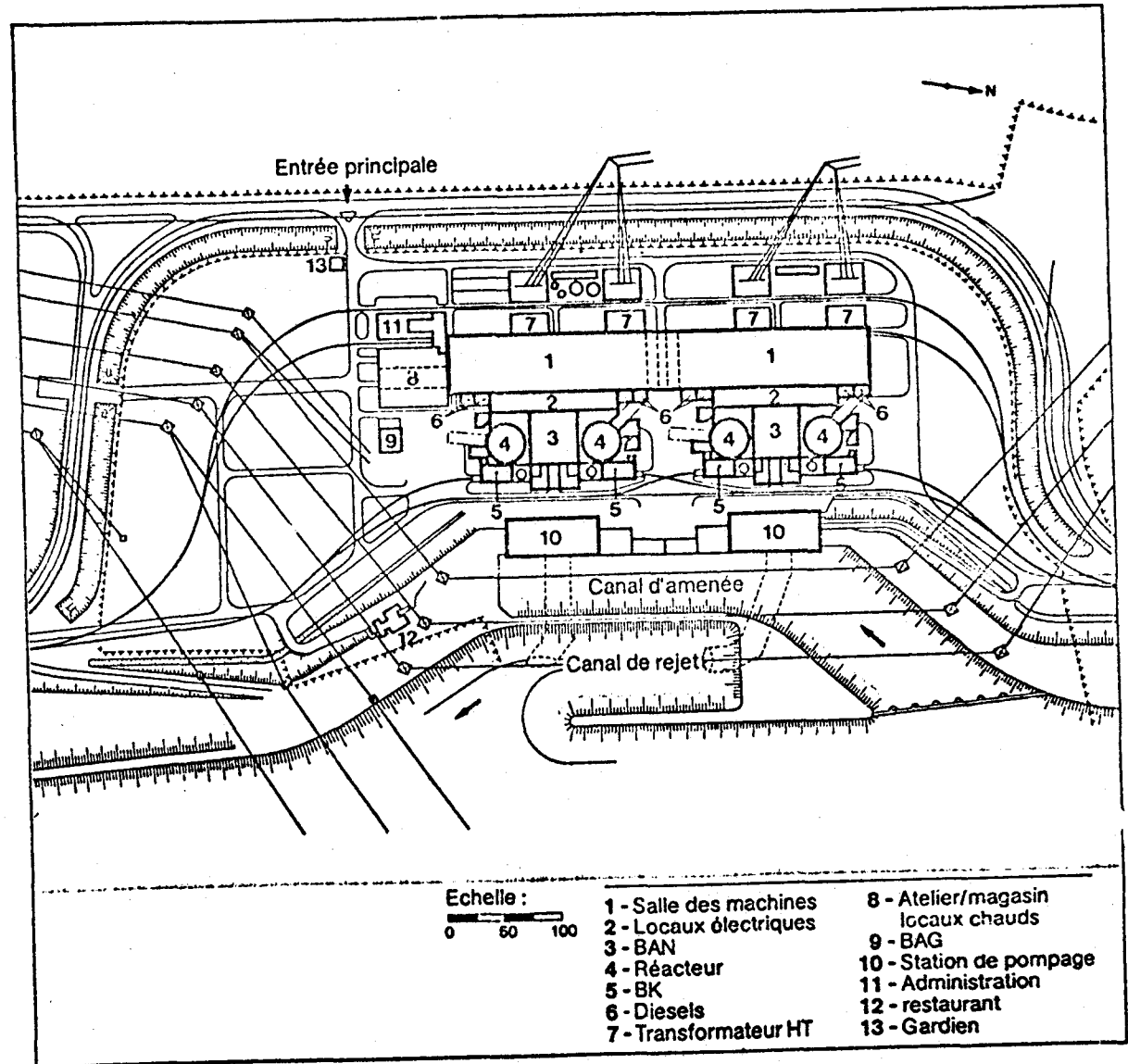
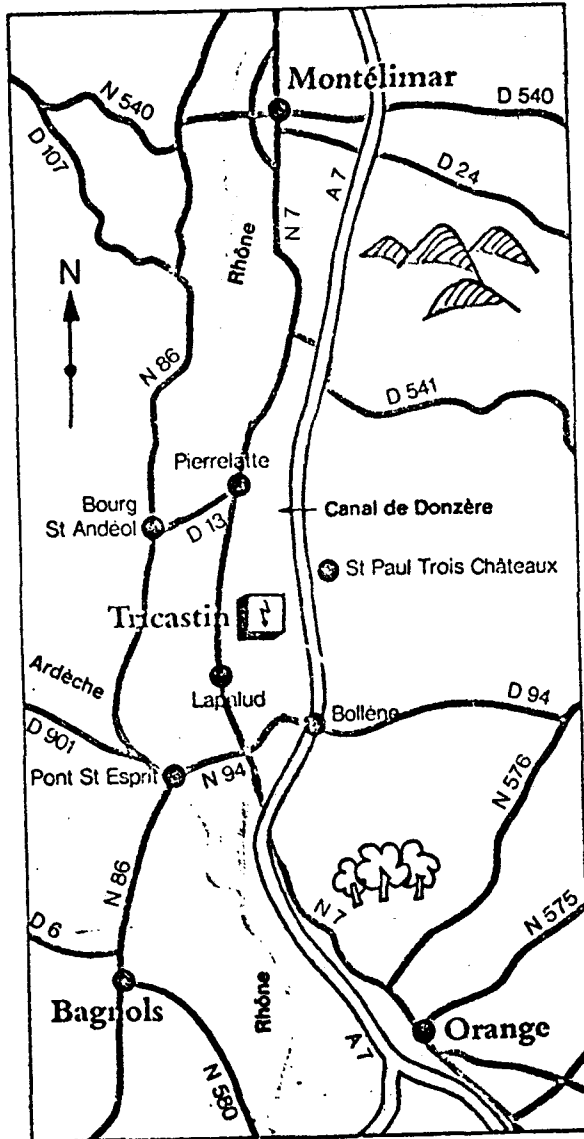
Lämpöteho	2 x 2785 MW
Sähköteho brutto	2 x 957 MW
" netto	2 x 925 MW

Yksiköt 4 ja 5 jäähdytetään jäähdytystornien avulla ja tästä johtuen tehot ovat

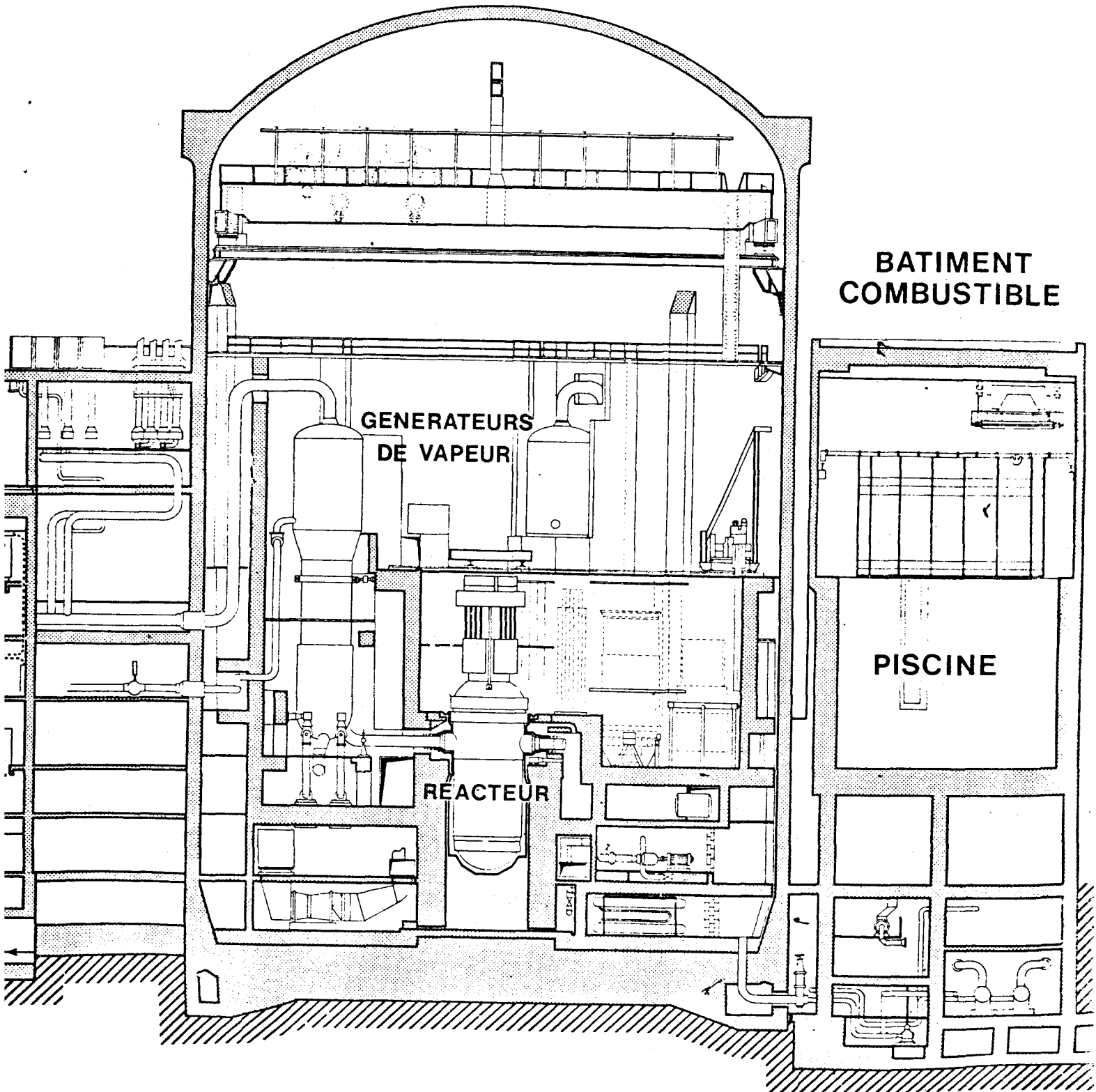
Sähköteho brutto	2 x 933 MW
" netto	2 x 900 MW

# CENTRALE DU TRICASTIN

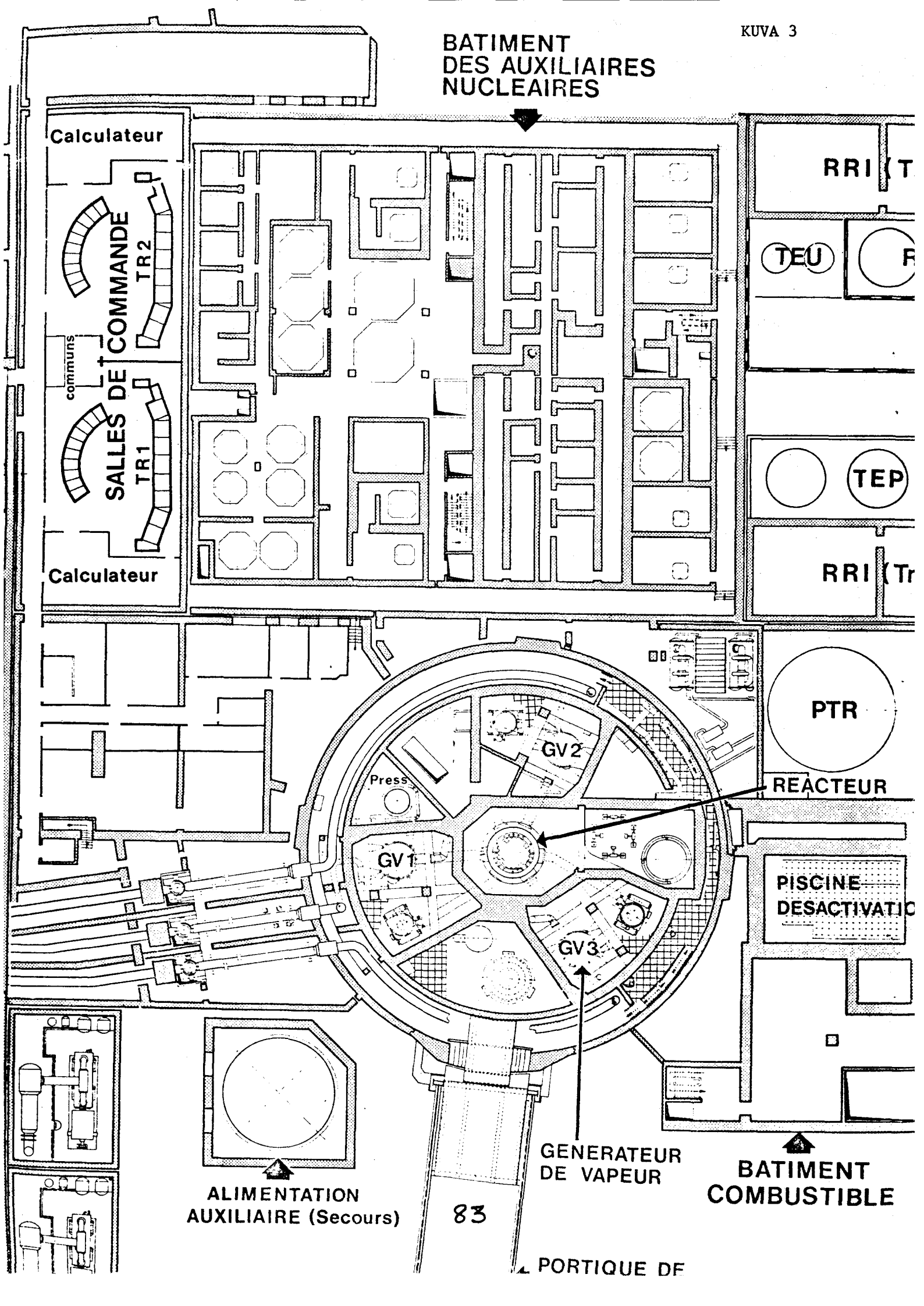
81



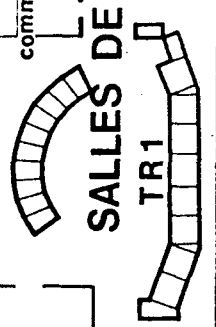
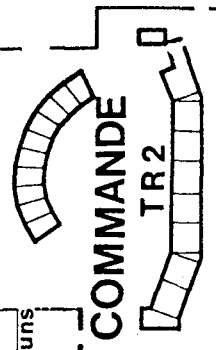
# BATIMENT REACTEUR



# BATIMENT DES AUXILIAIRES NUCLEAIRES



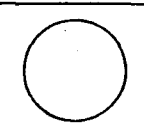
Calculateur



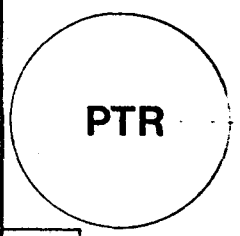
Calculateur

communs

RRI (T



RRI (Tr



REACTEUR

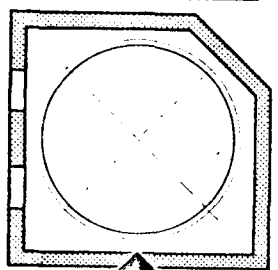
Press

GV2

GV1

GV3

PISCINE  
DESACTIVATION



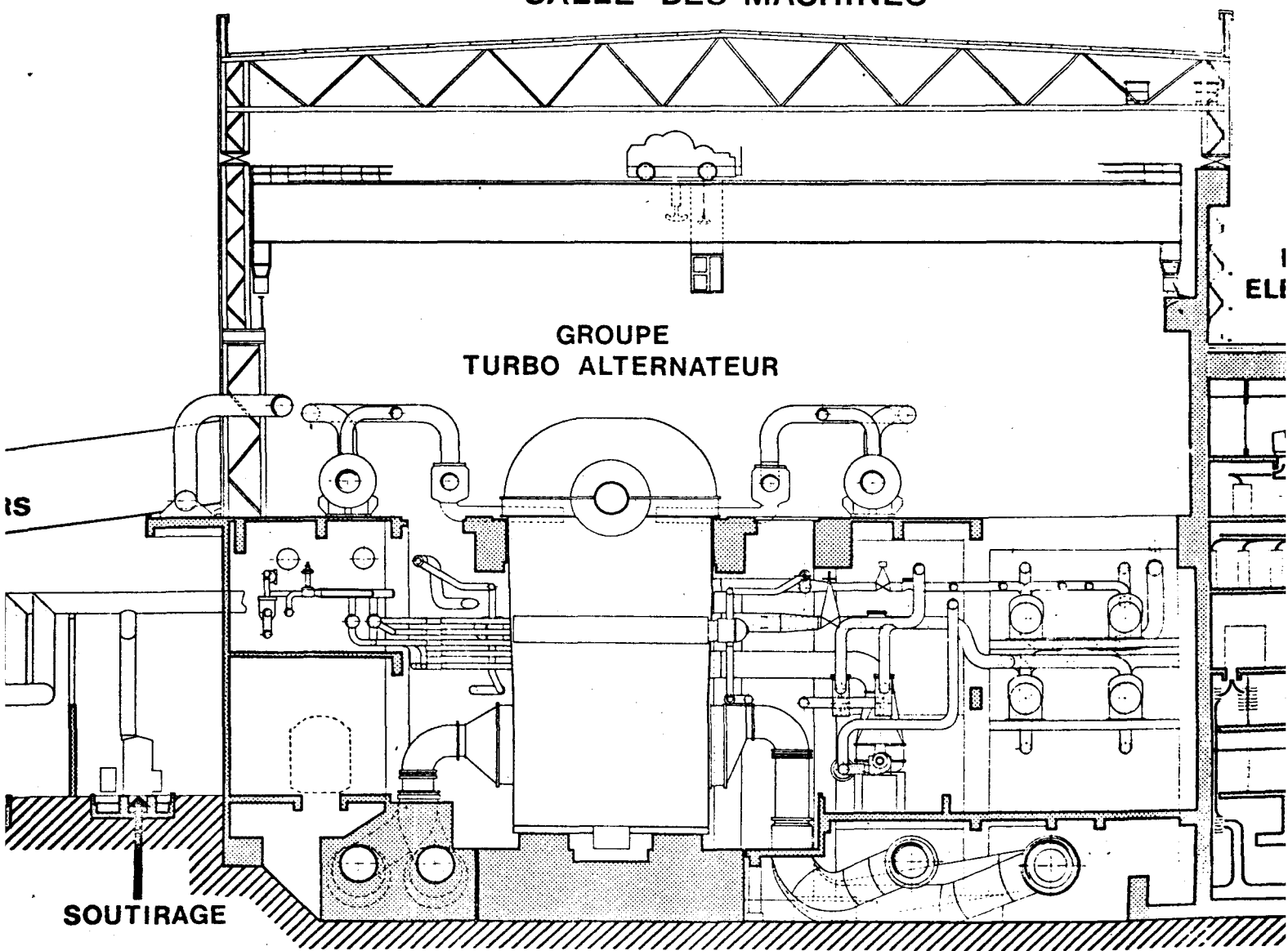
GENERATEUR  
DE VAPEUR

BATIMENT  
COMBUSTIBLE

83

PORTIQUE DE

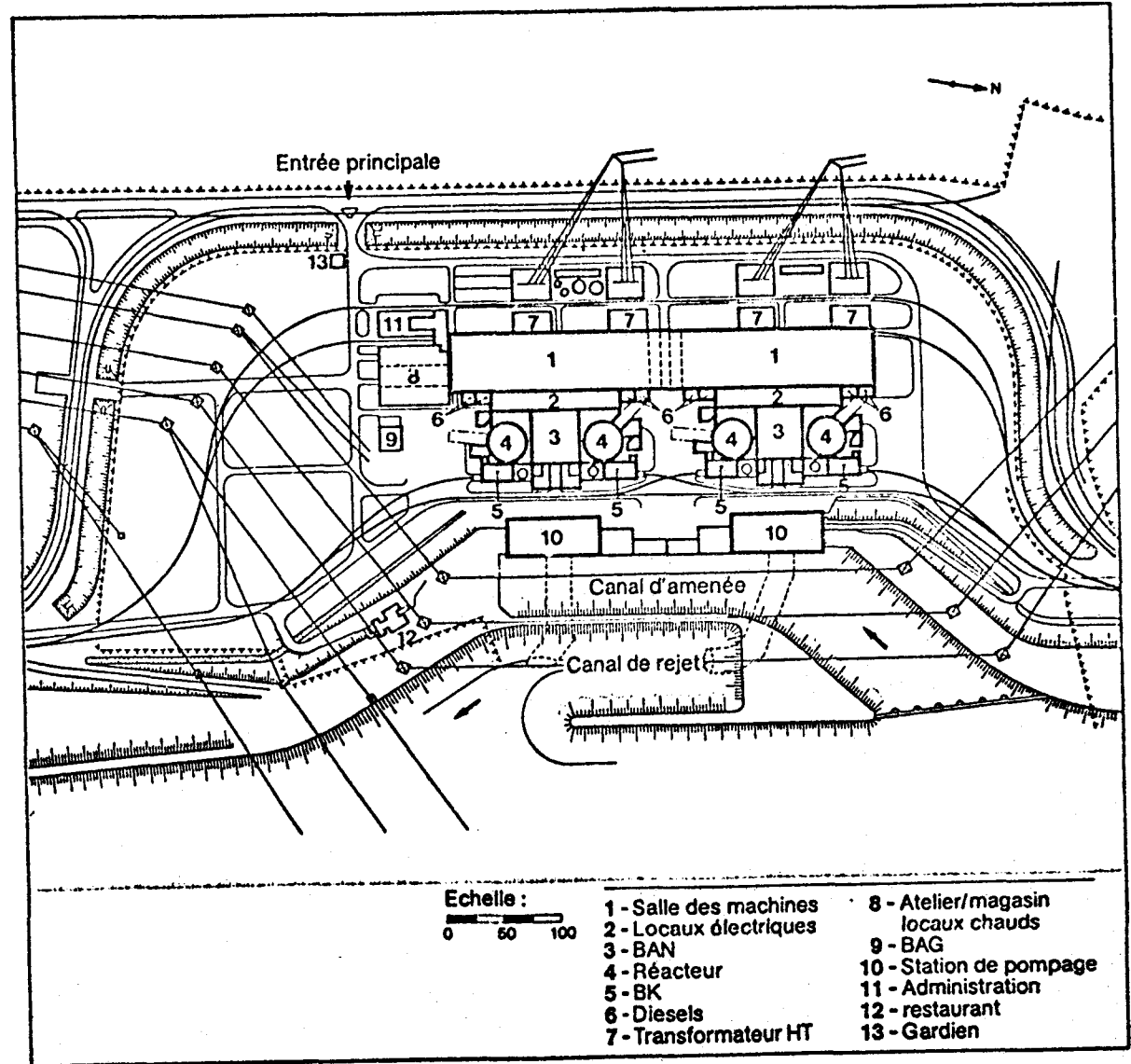
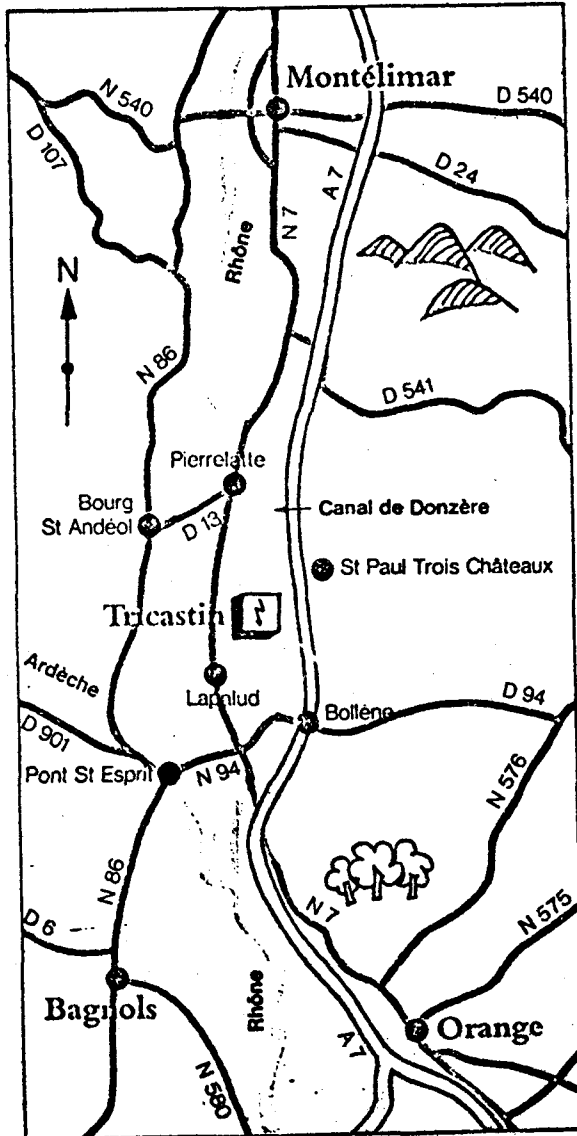
SALLE DES MACHINES



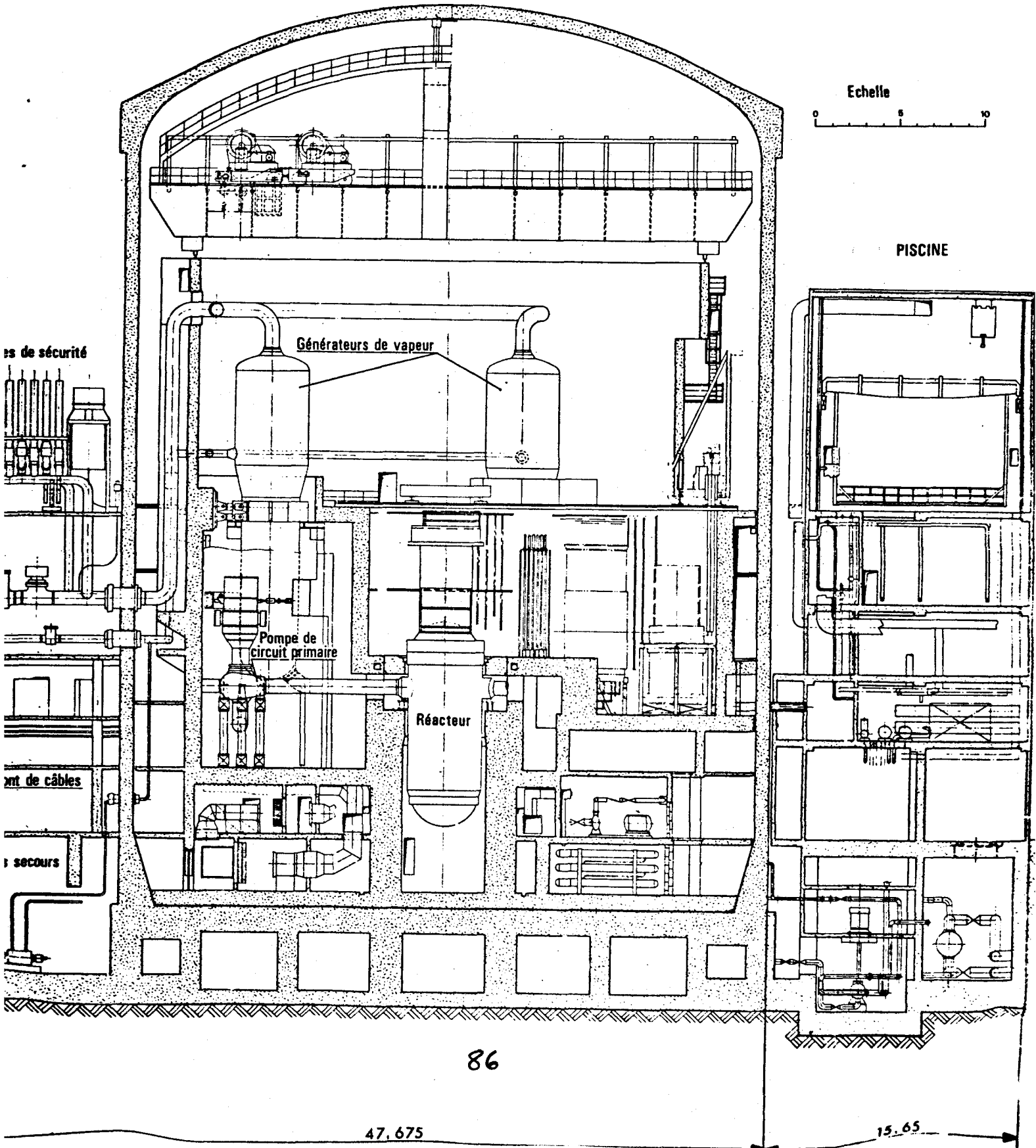
COUPE TRANSVERSALE

# CENTRALE DU TRICASTIN

85



BATIMENT REACTEUR



Käyttöosasto

R Teräsvirta/VIR 2.11.1977

## EURODIFIN URAANINRIKASTUSLAITOS

1  
Eurodif

Eurodif on monikansallinen yhtiö, joka on perustettu tarkoituksena rakentaa kaasudiffuusiolaitos luonnonuraanin rikastamiseksi  $^{235}\text{U}$ :n suhteen kevytvesireaktoreissa käyttöä varten. Eurodifin osakepääoma jakautuu osakkaiden kesken seuraavasti:

COGEMA (Ranska)	27,78 %
SOFDIF (60 % COGEMA, 40 % OEAI (Iran))	25,00 %
AGIP Nucleare (Italia)	12,50 %
CNEN (Italia)	12,50 %
ENUSA (Espanja)	11,11 %
SOBEN (Belgia)	11,11 %

Samat maat ovat osakkaina toisessakin yhtiössä, nimeltään COREDIF, jonka tarkoitus on aloittaa toisen uraaninrikastuslaitoksen rakentaminen v. 78. COREDIFin omistus jakautuu seuraavasti:

EURODIF	51 %
COGEMA	29 %
OEAI	20 %

Eurodifin rikastuslaitoksen kapasiteetti on valmistuttuaan  $10.8 \cdot 10^6$  SWU/y. Laitoksen rakentamisen kokonaiskustannukseksi on arvioitu n. 14 miljardia frangia.

Laitoksen kokonaistuotannosta  $9 \cdot 10^6$  SWU/y toimitetaan Eurodifin osakkaille,  $10^6$  SWU/y Japanille ja loput Sveitsiin ja Saksaan. Näin ollen muiden maiden, esim. Suomen, mahdollisuudet saada rikastuspalveluja Eurodifilta ovat ainakin lähivuosina pienet.

2  
Laitospaikka

Eurodifin uraaninrikastuslaitos sijaitsee Rhone-joen laaksossa Tricastin'ssa, Montelimarin ja Orangen puolivälissä. Laitoksen vieressä sijaitsee Pierrelatten sotilaallisiin tarkoituksiin käytetty rikastuslaitos. Paikalle rakennetaan parhaillaan myös Westinghousen lisenssillä neljä 900 MWe:n PWR:ää sisältävä ydinvoimalaitos, jonka tarkoitus on tuottaa rikastuslaitoksen tarvitsema sähköenergia.



## 3

## Laitoksen yleiskuvaus

Laitoksella on 1400 erotusyksikköä asennettuna kaskadiksi. Erotusyksiköt ovat rakennuksissa ryhmitelty 20 yksikön soluiksi siten, että mikä tahansa solu voidaan prosessissa ohittaa ja erottaa esim. huolto- ja korjaustöitä varten.

Laitoksen nimelliskapasiteetti on  $10.8 \cdot 10^6$  SWU/y, jolla voidaan tuottaa vuodessa esim. 2670 t 3,15 % rikastettua urania jäännösrikastusasteen ollessa 0,25 %. Tarvittava luonnonuraanimäärä on tällöin 18000 t.

Teoreettinen maksimirikastusaste on n. 7 %, mutta taloudellisuusnäkökohdat rajoittavat rikastusasteen max. 4...5 %.

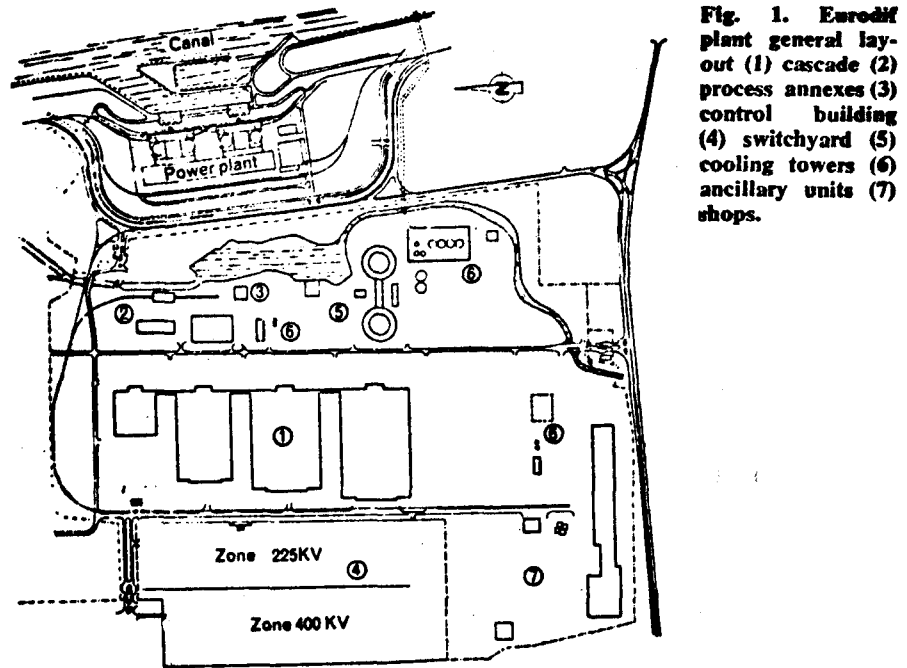
Laitoksen keskimääräinen tehontarve on 3100 MW, joka kuuluu UF<sub>6</sub>-kaasun liikkeellä pitämiseksi käytettyjen kompressorien moottoreiden pyörittämiseen. Sähkön syöttö on järjestetty viereen rakennettavalta 3600 MW:n ydinvoimalaitokselta 220 kV:n linjoja pitkin tai EDF:n 400 kV:n verkosta. Kytkinkentän pinta-ala on 40 ha.

Pääosa, n. 90...95 %, laitoksen tarvitsemasta tehosta muuttuu lämmöksi. Prosessin jäähdyttämistä varten on rakennettu kaksi luonnon imulla toimivaa jäähdytystornia. Tornien korkeus on 120 m ja suurin halkaisija 90 m.

Prosessissa syntyvän lämmön hyväksikäyttöä ei ole suunniteltu Tricastinissa. Sen sijaan Coredifin tulevalla laitoksella on harkittu myös tätä mahdollisuutta.

Laitoksen yhteyteen on rakennettu teräksen nikkeli-päällästyslaitos, jossa kaikki UF<sub>6</sub>:n kanssa kosketuksiin joutuvat komponentit vuorataan Ni-kerroksella. Se suojaa terästä UF<sub>6</sub>:n erittäin korrodoivalta vaikutukselta.

Kuvassa 1 on esitetty yleiskuva laitosalueesta.



Kuva 1.

4

#### Rakentamisaikataulu

Laitoksen sijoituspaikka päätettiin helmikuussa 1974. Alueen raivaustyöt aloitettiin kesällä -74 ja rikastuslaitosten rakennustyöt maaliskuussa -75. Tuotanto on suunniteltu aloitettavaksi vuoden 1979 aikana.

Tuotantokapasiteettia lisätään tämän jälkeen seuraavasti:

-	vuoden -79 lopussa	$2.6 \cdot 10^6$ kg SWU/y
-	vuoden -80 lopussa	$6.3 \cdot 10^6$ kg SWU/y
-	vuoden -81 lopussa	$8.4 \cdot 10^6$ kg SWU/y
-	vuoden -82 lopussa	$10.8 \cdot 10^6$ kg SWU/y

Rakennustyömaan vahvuus on ollut parhaimmillaan 4000 henkilöä, käyttöhenkilökunnan vahvuus tulee olemaan 200 henkilöä.

5  
Rikastusprosessi ja laitteisto

Uraanin rikastaminen kaasudiffuusiomenetelmällä perustuu siihen, että samassa lämpötilassa eri massaisten molekyylien keskimääräiset nopeudet poikkeavat toisistaan:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

Tästä johtuen kevyemmät, <sup>235</sup>U:a sisältävät, molekyylit läpäisevät suuremman nopeutensa takia puoliläpäisevän kalvon paremmin kuin <sup>238</sup>U:a sisältävät, raskaammat molekyylit.

Erotusyksikkö on astia, jossa sisääntuleva UF<sub>6</sub>-virta ohjataan puoliläpäisevästä kalvosta muodostettuja kanavia pitkin yksikön läpi. Noin puolet sisääntulovirrasta läpäisee kalvon. Tämä osa on hieman rikastunut <sup>235</sup>U:n suhteen. Vastaavasti toinen osa, joka ei läpäise kalvoa, tulee ulos erotusyksiköstä hieman sisääntulovirtaa köyhempänä.

<sup>235</sup>U:n ja <sup>238</sup>U:n pienestä massaerosta johtuen rikastusasteen muutos yhdessä erotusyksikössä on pieni. Tarvitaan huomattava määrä peräkkäin asetettujen erotusyksikköjä, jotta voitaisiin saavuttaa muutaman prosenttiyksikön lisäys rikastusasteeseen. Kuva 2 esittää kuinka erotusyksiköt on kytketty sarjaan (kaskadiksi).

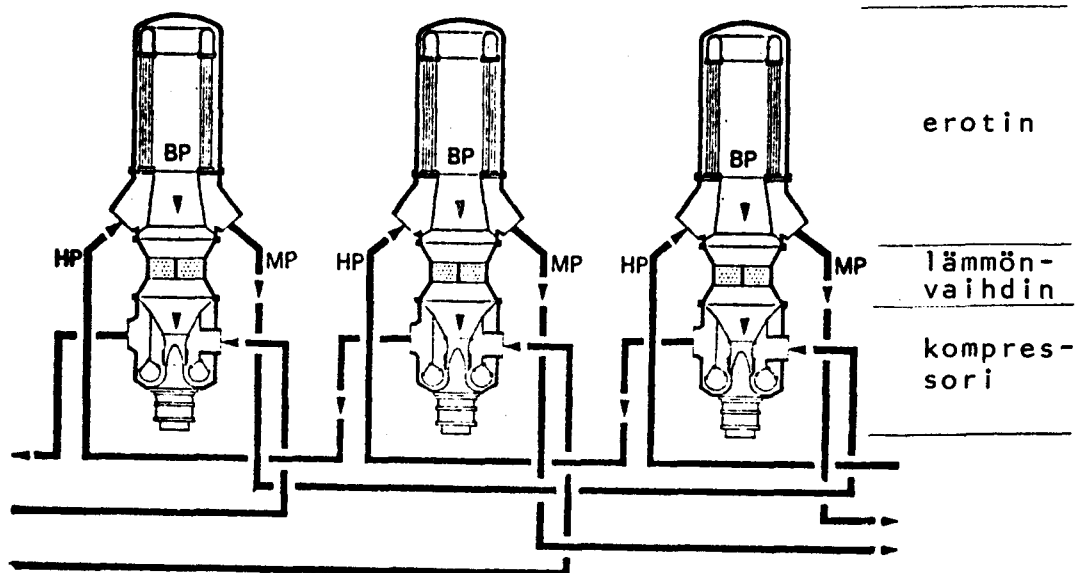


Fig. 2. Layout of Eurodif cascade sequence.

Kuvasta 2 selviää erotusyksikön rakenne. Se koostuu kolmesta toinen toisensa päälle asennetusta pääkomponentista. Ylimpänä on varsinainen erotin (diffuser), sen alapuolella lämmönvaihdin ja kaikkein alimpana kompressori.

Syöttövirta tulee erottimeen korkeapaineputkesta (HP). Köyhtynyt osa poistuu välipaineputkea (MP) pitkin edellisen asteen syöttöpuolelle tätä edellisen erotusyksikön kompressorin kautta. Rikastunut osa kulkee erottimen matalapaineosasta (BP) lämmönvaihtimeen. Jäähdytynyt virta kulkeutuu edelleen kompressoriin, joka painaa sen seuraavaan erotusyksikköön.

Paine korkeapaineputkessa on 1,5 bar ja muissa putkissa alle 1 bar siten, että prosessin pysähtyessä ja paineiden tasaantuessa jää paine alle normaali ilmakehän paineen. Prosessikaasun lämpötila on 130 °C ja virtaus 25...30 kg/s.

Prosessin taloudellisen optimoinnin tuloksena käytössä on kolmea eri kokoa erotusyksiköitä. Erottimen halkaisijat ovat pienimmästä suurimpaan 2,3 m, 3,2 m ja 4,8 m sekä korkeudet vastaavasti 14 m, 16 m ja 18 m. Kompressorien sähkömoottorien tehot vastaavasti eri kokoisilla yksiköillä ovat 630 kW, 1530 kW ja 3350 kW.

Kompressorin pesä lepää sementtialustalla. Pesän päällä ovat lämmönvaihdin ja erotin. Koko erotusyksikön paino on  $\approx$  35 t. Roottorin akselin ja sähkömoottorin asentaminen tapahtuu sementtialustan alapuolelta erikoisen automaattitrukin avulla.

Erotusyksiköt on ryhmitelty 20 yksikköä käsittäviksi soluiksi, jotka sijaitsevat toisistaan eristettävissä olevissa huonetiloissa kahden puolen keskellä sijaitsevaa huoltokäytävää. Mikä tahansa solu voidaan ohittaa ja erottaa prosessista huolto- ja korjaustöitä varten. Erotusyksiköt on sijoitettu neljään eri rakennukseen, kahteen rakennukseen on sijoitettu suuria yksiköitä, yhteen keskikokoisia ja yhteen pieniä.

Sementtialusta, joka on solun lattia, erottaa prosessitilan, jonka ilman lämpötila on 80 °C, työskentelytilasta, jossa kompressorien moottorit ovat. Työskentelytilan lämpötila on n. 40 °C.

Rikastusprosessin kannalta erotusyksiköt on jaettu siten, että se osa prosessia, joka sisältää luonnonuraania köyhempää uraania sisältää 400 suurta, 120 keskisuurta ja 60 pientä erotusyksikköä. Vastaavat luvut rikastettua uraania sisältävälle prosessin osalle ovat 320, 280 ja 220.

Prosessin lämpötiloja ja paineita valvotaan tietokoneen avulla.

6

## Nikkelipäälystyslaitos

UF<sub>6</sub>:n erittäin suuren korroosiota aiheuttavan vaikutuksen takia kaikki sen kanssa tekemisiin joutuvat komponentit päälystetään nikkelillä (U.S. lisenssi, 93 % Ni + 6...7 % P). Tätä varten on rikastuslaitoksen yhteyteen rakennettu nikkelipäälystyslaitos.

Käsiteltävät komponentit puhdistetaan aluksi korroosiotuotteista ja varastorasvasta. Tämän jälkeen ulkopinnat maalataan ja UF<sub>6</sub>:n kanssa kosketuksiin joutuvat pinnat puhdistetaan vielä hiekkapuhaltamalla, ennenkuin ne viedään varsinaisen päälystyslinjan alkuun. Täällä ne sijoitetaan suureen hikkiin, jossa ne kuljetetaan koko linjan läpi.

Ensimmäisessä vaiheessa komponentit upotetaan rasvanpoistoaltaaseen, tämän jälkeen deoksidaatioaltaaseen.

Kolmannessa altaassa tapahtuu varsinainen Ni-päälystys, joka perustuu kemialliseen reaktioon. Reaktiossa vapautuva vety irroitetaan komponenttien pinnasta ravistamalla hikkiä.

Viimeinen vaihe on komponenttien liottaminen 80 °C demineraloidussa vedessä.

Ennen komponenttien pakkaamista ja lähettämistä asennettaviksi suoritetaan pinnoitteen tarkastus. Mahdolliset viat pinnoitteessa korjataan ja paikataan elektrolyttisellä päälystysmenetelmällä.

Laitoksen päälystyskapasiteetti on luokkaa 1000 m<sup>2</sup> päivässä. Koko Eurodifin rikastuslaitos sisältää päälystettävää pintaa 10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>. Tarkoitus on, että myös Coredifin tarvitsemat Ni-päälystystyöt tehtäisiin tässä laitoksessa.

Juhani Vira

## Vierailu Bugeyssä

Torstaina 27.10. aamupäivällä vierailtiin Bugeyssä. Paikka sijaitsee Rhone-joen varrella noin 35 km:n päässä Ranskan kolmanneksi suurimmasta kaupungista Lyonista. Tänne sunnilleen sadan hehtaarin alueelle on suunniteltu kaikkiaan viisi ydinvoimalayksikköä, joista ensimmäinen on ollut jo yli viisi vuotta toiminnassa, muut neljä ovat rakennusvaiheessa. Valmistuttuaan nämä tuottavat yhteensä yli 4000 MW sähkötehoa. Bugeyn läheisyydessä, n. 30 km Sveitsin rajalle päin, on myös Super-Phenixin sijoituspaikka Greys-Malville.

### Bugey I

Bugeyhin ensimmäisenä noussut voimala on 540 MW(e) AGR-laitos Bugey I. Laitoksen rakennustyöt aloitettiin loppuvuodesta 1965 ja valtakunnan sähköverkkoon se kytkettiin keväällä 1972. Reaktorityypin valintaan vaikutti lähinnä Ranskan silloiset vaikeudet saada väkevötyä uraania: Bugey I käyttää luonnonuraania.

Laitoksen pääominaisuudet ilmenevät taulukosta 1.

Polttoaineena käytetään siis metallista luonnonuraania. Itse polttoaine-elementti on 60 cm pitkä, sisä- ja ulkohalkaisijoiltaan vastaavasti 77 mm ja 95 mm oleva rengaspatruuna, jota ympäröi halkaisijoiltaan 220/158 mm grafiittivaippa. Kussakin kanavassa on 15 tällaista elementtiä, joten niiden yhteenlaskettu määrä sydämessä on 12780. Elementtejä ympäröi hidastimena käytetty grafiitti kuusikulmaisina kiekkoina. CO<sub>2</sub>-jäähdytettä pumpkaa sydämen läpi 41.5 bar paineella neljä 20 MW turbopuhallinta. Reaktorisydän säätösauvoineen, samoin kuin primaaripiiri lämmönvaihtimieen on kokonaisuudessaan esijännitetystä betonista tehdyn paineastian sisässä. Paineastian korkeus on lähes 56 m ja läpimitta noin 28 m.

Polttoaineen vaihto tapahtuu jatkuvasti laitoksen toimiessa. Vaihdoista huolehtii kone, joka ohjataan vaihdettavia elementtejä vastaavan kanavan päälle, tietokone ohjaa itse suoritusta. Polttoaine-elementtien kunnan tarkkailua varten käytössä on järjestelmä, jolla sydäimestä saadaan haluttaessa hiili- ja CO<sub>2</sub>-näyte aktiivisuuden mittausta varten.

Laitoksen esittelijä oli erittäin tyytyväinen laitoksen toimintaan; vaikka kolmena ensimmäisenä käyttövuotena kokonaiskäyttökerroin jäikin 55 % nurkille, on nyttemmin juokseva vuoden ajalta laskettu käyttökerroin ollut jo yli 70 %. Käytettävyyttä laski ensimmäisinä vuosina häiriöt pumppu- ja turbogeneraattori-ryhmissä.

### Bugey II - V

Toiminnassa olevan kaasujäähdytteisen reaktorin lisäksi Bugeyhin ollaan parhailaan rakentamassa neljää sähköteholtaan n. 900 MW painevesireaktoria: Nykyisten arvioiden mukaan laitokset II ja III käynnistyvät ensi vuonna sekä laitokset IV ja V vuotta myöhemmin. Alkuperäisestä aikataulusta ollaan tällöin noin vuosi jäljessä. Toista laitosta varten polttoaine on jo paikan päällä ja lataus aloitetaan näinä päivinä. Laitokset rakennetaan Westinghousen lisenssillä: primaarikierron komponentit valmistaa Framatome ja Creusot-Loire, turbo-generaattorit tulevat Alsthomilta. Rakennustapa on sama kuin Tricastinissakin: laitokset rakennetaan pareittain; II ja III-laitoksilla on yhteinen turbiinihalli, samoin laitoksilla IV ja V. IV- ja V-laitoksia varten on paikalle rakennettu neljä jäähdytystornia, laitoksien II ja III lauhdevedet menevät suoraan Rhoncen.

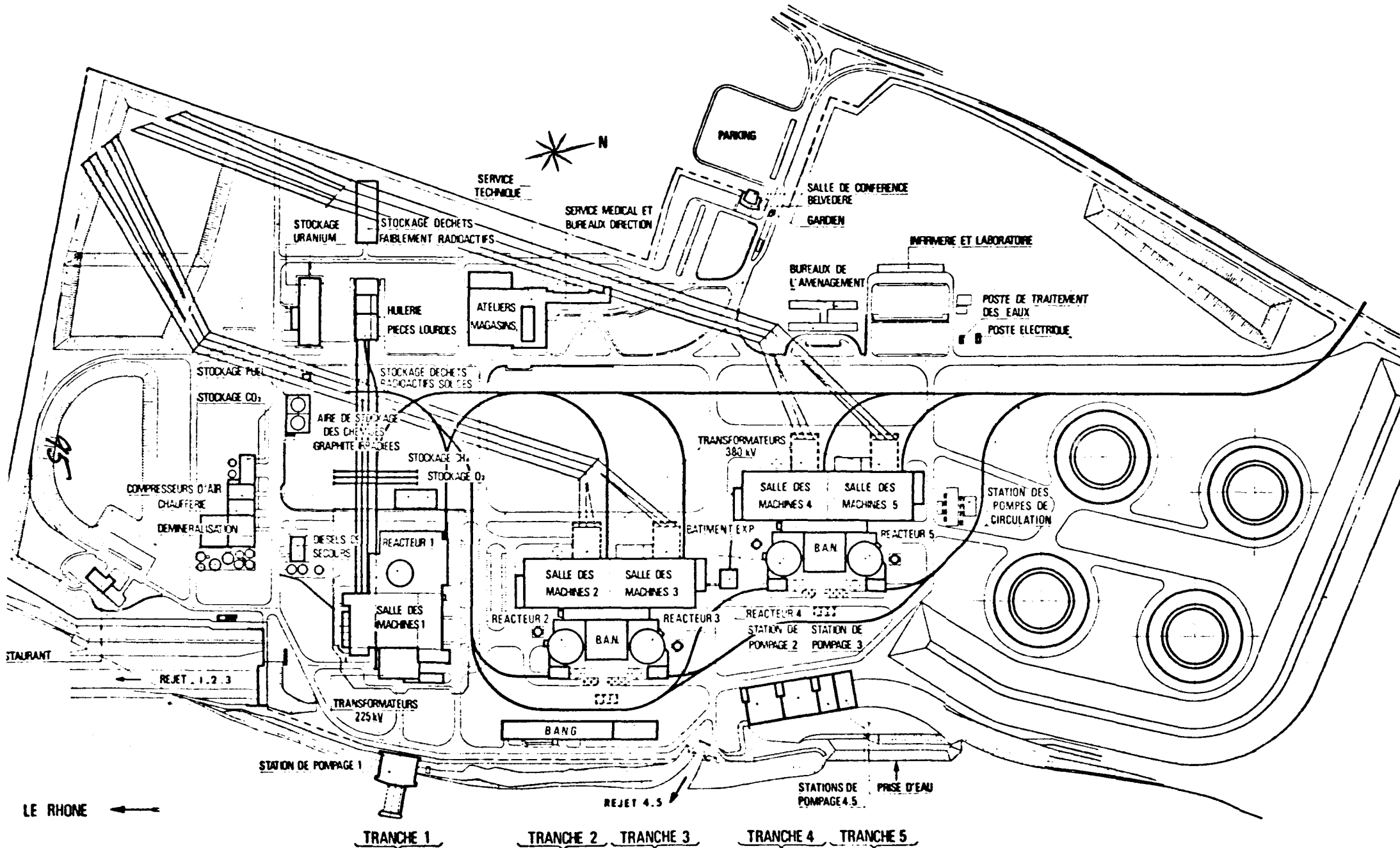
Laitosten pääominaisuudet on esitetty taulukossa 1. Alueen tilankäyttöä esittää kuvio 1.

### Reaktorisimulaattori

Bugeyssa koulutetaan myös Ranskan ydinvoimaloiden tuleva käyttöhenkilöstö. Tätä varten paikalle on lähes täydelliseksi luonnehdittu ranskalaisen LMF-tehtaan valmistama reaktorisimulaattori. Simulaattorisali - jonka tosin tiiviin koulutusohjelman vuoksi näimme vain lasin takaa - vastaa täsmälleen Bugey II:n valvomoa. Koulutusta annetaan kullekin henkilölle kolmena kahden viikon periodikurssina. Ensimmäisen jakson aikana käydään läpi normaalit käyttöoperaatiot, kahden muun periodin aikana perehdytään toimintaan häiriötilanteissa; simulaattoriin on ohjelmoitu 150 virhetoimintaa. Perusjaksojen jälkeen kukin käyttötehtävissä toimiva osallistuu joka toinen vuosi viikon kestävälle jatkokurssille.

Taulukko 1: Bugey I - V tärkeimmät ominaisuudet

	BUGEY I	BUGEY II JA III	BUGEY IV JA V
Terminen teho	1920 MW	2785 MW	2785 MW
Sähköteho (brutto)	540 MW	957 MW	933 MW
Polttoaine	320 t luonnon- uraania. 15 ele- menttiä kanavaa kohti. 852 polt- toainekanavaa. 84 säätösauvaa.	70.4 tU väkevointiasteeltaan 3 %. 157 elementtiä á 264 sauvaa. 53 säätösauvaa.	
Hidastin	200 t grafiittia	15.5 t vettä sydämessä, 260 t primaaripiirissä	
Sydän: korkeus halkaisija .	9 m 15 m		3.66 m 3.04 m
Jäähdytteen virtaus	43 bar painei- nen CO <sub>2</sub> ; maksimivirtaus 9500 kg/s 4 turbopuhal- linta	155 bar paineinen vesi 3 pääkiertopiiriä: 15900 t/h 3 pumppua á 5.3 MW	
Lämpötilat sisään ulos	á 40 MW 221°C 403°C		286°C 323°C
Höyry: Lämpötilat: ulos sisään	2600 t/h á 35.5 bar 381°C 105,5°C		5460 t/h á 56 bar 270°C 219°C
Generaattorit	2 x 330 MVA 3000 r/min 20 kV	1 x 1071 MVA 1500 r/min 24 kV	



Kuvio 1: Bugeyn voimalat



VIERAILUOHJELMA

KESKIVIIKKO 19.10

klo 16.00 Kokoontuminen Helsinki-Vantaa lentoasemalla.  
16.30 Lähtö Pariisiin (lento AF 791).  
19.20 Saapuminen Pariisiin/Charles de Gaulle.  
Kentältä välittömästi bussikuljetus hotelliin.  
Hotelli: PLM St. Jacques  
17, Boulevard St. Jacques, Paris 14.

TORSTAI 20.10

klo 09.30 Lähtö hotellista (bussi)  
10.15 Vastaanotto CEA:n (Commissariat à l' Energie Atomique) pääkonttorissa, sali A, pohjakerros, 33, rue de la Fédération, Paris 15.  
Tällöin mm. Mr. Kremserin esitelmä Ranskan energiatilanteesta.  
18.19 Lähtö Chalon-sur-Saoneen (juna)  
21.15 Saapuminen Chalon-sur-Saoneen  
Asemalta välittömästi bussikuljetus hotelliin.  
Hotelli: Royal Hotel  
8, rue du Port-Villiers, Chalon-sur-Saone

PERJANTAI 21.10

klo 09.00 Lähtö hotellista (bussi)  
09.00-12.00 Käynti Framatomen Chalonin tehtailla  
iltapäivä Käynti Framatomen Le Creusotin tehtailla  
18.08 Lähtö Chalon-sur-Saonesta Pariisiin (juna)  
21.38 Saapuminen Pariisiin  
Asemalta välittömästi bussikuljetus hotelliin  
Hotelli: Ibis  
Porte de Orleans, Paris 14.

SUNNUNTAI 23.10

klo 12.00 Lähtö hotellista Orlyn lentokentälle  
13.20 Lähtö Marseilleen (lento IT 5248)  
14.40 Saapuminen Marseilleen/Marignane  
Kentältä välittömästi bussikuljetus Avignoniin.  
Hotelli: Holiday Inn  
Route Nationale 7-la Barbriere, Avignon.



ATS:N RANSKAN ESKURSIO 19...27.10.1977

OSANOTTAJALUETTELO

1. Kianne Ilmari	Imatran Voima oy	Toimistopäällikkö
2. Lahti Matti	-o-	-o-
3. Niemi Pertti	-o-	Pääsuunnittelija
4. Raade Antero	-o-	Kustannusval.ryhmn.pääll.
5. Silvasti Juhani	-o-	Aikataulusuun.ryhmn.pääll.
6. Teräsvirta Risto	-o-	Reaktorifyysikko
7. Väisänen Jaakko	-o-	Apulaisosastonjohtaja
8. Markkanen Esko	-o-	Diplomi-Fyysikko
9. Laaksonen Jukka	Säteilyturv.laitos	Ylitarkastaja
10. Nykänen Jukka	-o-	-o-
11. Törrönen Kari	VTT/Reakt.mat.ryhmä	Reakt.mat.ryhmän johtaja
12. Heinonen Jorma	VTT/Rea	Ydinjäteryhmän johtaja
13. Vira Juhani	VTT/Ydi	Tutkija
14. Sairanen Risto	-o-	-o-
15. Wilhelmson Stefan	Oy Finnatom Ab	Projektipäällikkö
16. Tiainen Olli	HKS	Tekn.tri.
17. Karjala Jorma	Teollisuuden Voima oy	Polttoaineinsinööri
Osan ajasta olivat mukana lisäksi:		
19. Kalli Heikki	CEN/Saclay	Tekn.tri.
20. Aro Ilari		DI