



# ATS

## YDINTEKNIikka

### SISÄLTÖ

#### VUOSIHUOLLOT

Seisokit, käytettävyys ja maine . . . . .	1
Suomen sähköhuolto ja ydinvoimalaitosten vuosihuollot . . . . .	2
Seisokkien valvonta ja käynnistyksen valvontaan liittyvät viranomaistarkastukset . . . . .	4
Outage Management in TVO Olkiluoto Nuclear Power Plant . . . . .	5
Ydinvoimalaitoksen kunnossapidon kehitysnäkymiä . . . . .	8
Ydinvoimalaitoksen vuosihuollon suunnittelu ja toteutus . . . . .	10
Loviisan vuosihuolto 1989 . . . . .	11
Impurities in Control Rod Drive Mechanisms . . . . .	16
WEC: Ydinvoima nousee jälleen . . . . .	18
Uraani halkeaa — juhlan avauspuhe . . . . .	21
Tervehdys Heurekan temaviikon "Uraani Halkeaa" avajaisissa . . . . .	22
In What Kind of Reactors Does Uranium Split in the Future? . . . . .	23
Sihteerin sana — ytimekästä historiaa suomeksi kirjaesittely . . . . .	25
Ytimekkäät . . . . .	28
Lyhyesti maailmalta . . . . .	30
English Abstracts . . . . .	32

# ATS

## YDINTEKNIikka

### 3/89, vol. 18

---

#### JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —  
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

---

#### TOIMITUS

Päätoimittaja  
DI Heikki Raumolin  
Perusvoima Oy  
PL 138, Malminkatu 16  
00101 Helsinki  
P. 90-6090281

Erikoistoimittaja  
TkL Klaus Sjöblom  
Imatran Voima Oy  
PL 23  
07901 Loviisa  
P. 915-550431

Erikoistoimittaja  
FK Osmo Kaipainen  
Teollisuuden Voima Oy  
Fredrikinkatu 51—53  
00100 Helsinki  
P. 90-605022

Toimitussihteeri  
DI Pertti Salminen  
VTT/E-osasto  
Vuorimiehentie 5  
02150 Espoo  
P. 90-4564148

---

#### JOHTOKUNTA

Pj DI Ilkka Mikkola  
Teollisuuden Voima Oy  
Fredrikinkatu 51—53 B  
00100 Helsinki  
P. 90-605022

Jäs. DI Klaus Kilpi  
VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio  
Lönnrotinkatu 37  
00180 Helsinki  
P. 90-648931

Vpj. TkT Rainer Salomaa  
TKK/Teknillisen fysiikan laitos  
Otakaari 2  
02150 Espoo  
P. 90-4513199

Jäs. FK Hannu Koponen  
Säteilyturvakeskus  
Kumpulantie 7  
00520 Helsinki  
P. 90-70821

Rh TkT Hannu Hänninen  
VTT/Metallilaboratorio  
Kemistintie 3  
02150 Espoo  
P. 90-43566798

Jäs. DI Jorma Kotro  
Imatran Voima Oy  
Pl 112  
01601 Vantaa  
P. 90-5082416

Siht. DI Jorma Aurela  
Imatran Voima Oy  
PL 112  
01601 Vantaa  
P. 90-5082426

---

#### TOIMIHENKILÖT

Yleissihteeri  
DI Jussi-Pekka Palmu  
Imatran Voima Oy  
PL 112  
01601 Vantaa  
P. 90-5301647

Ekskursios sihteeri  
TkL Eero Patrakka  
Teollisuuden Voima Oy  
Fredrikinkatu 51—53 B  
00100 Helsinki  
P. 90-605022

Kans.väl.yhteyks.siht.  
DI Klaus Kilpi  
VTT/Ydinvoimatekniikan lab.  
Lönnrotinkatu 37  
00180 Helsinki  
P. 90-648931

ATS-Info puheenjohtaja  
DI Antti Hanelius  
Suomen Voimalaitosyhdistys ry.  
Lönnrotinkatu 4 B  
00120 Helsinki  
P. 90-602944

DI Heikki Raumolin on Perusvoima Oy:n teknillinen johtaja ja ATS Ydintekniikan päätoimittaja, p. 90-6090 6017.

ATS YDINTEKNIikka (18) 3/89

#### VUOSIHUOLLOT

Vuoden 1989 numeroiden teemat ovat:

- No. 1 "Ydinvoima ja asenteet"
- No. 2 "Uraani 200 v ja fissio 50 v"
- No. 3 "Vuosihuollot"
- No. 4 "Englanti"

Vuosikerran tilaushinta muilta kuin  
ATS:n jäseniltä: 200 mk

Ilmoitushinnat: 1/1 sivua 1300 mk  
1/2 sivua 800 mk  
1/3 sivua 600 mk

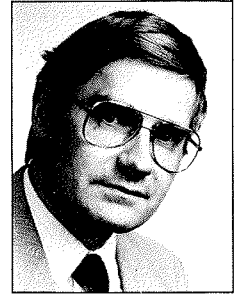
Toimituksen osoite:

ATS Ydintekniikka  
c/o Pertti Salminen  
VTT/E-osasto  
Vuorimiehentie 5  
02150 ESPOO  
p. 90-456 4148  
telex 122972 vttha sf  
telefax 90-460419

Lehdessä julkaistut artikkelit edustavat kirjoittajien omia mielipiteitä, eikä niiden kaikissa suhteissa tarvitse vastata Suomen Atomiteknillisen Seuran kantaa.

ISSN-0356-0473

*Heikki Raumolin*



## Seisokit, käytettävyys ja maine

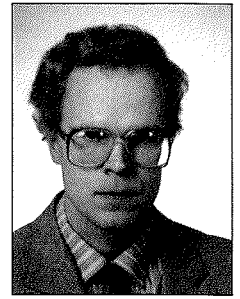
*Suomen ydinvoimalaitokset tunnetaan maailmalla korkeasta käyttöasteestaan. Lyhyet vuosihuollot ovat keskeinen tekijä tutkittaessa syitä hyvään käytettävyyteen.*

*Korkeista käyttökertoimista ja lyhyistä vuosiseisokeista ei kuitenkaan saada yksinomaan myönteistä mainetta. On paljon vähemmän tunnettua, miksi seisokit ovat täällä todella niin lyhyitä. Esitetään helposti epäilyksiä, että Suomessa otetaan enemmän riskejä kuin muualla, jätetään tarkastuksia suorittamatta ja luotetaan tuuriin.*

*Suomalaiset ovat pyrkineet ahkerasti selvittämään käyttö- ja seisokkifilosofiaansa kansainvälisillä foorumeilla. Jatkuvasti on kuitenkin asiaa kerrattava. Vaikeutena on, että ei voida esittää mitään yhtä tekijää tai yksinkertaista vastausta kysymykseen, miksi juuri meillä onnistutaan vuosihuollot viemään läpi paljon nopeammin kuin muualla tinkimättä turvallisuudesta. Oleellista onkin kokonaisuuden hallinta. Meillä toiminta perustuu kunnianhimoisiin tavoitteisiin, tiukkoihin turvallisuusvaatimuksiin, huolelliseen ennakkovalmisteluun ja määrätietoiseen työhön voimalaitoksilla varsinaisten vuosihuoltojen aikana.*

*ATS Ydintekniikka pyrkii tässä numerossa antamaan vuosiseisokkeja koskevan tietopaketin. Lukija voi sitten arvioida, mitkä tekijät ovat keskeisimpiä. Samalla siirrytään vaihteeksi voimalaitostasolle edellisen numeron maailmojen synnystä, uraanista ja fissiosta.*

*Maineeseen vaikuttaa myös häiriöiden aiheuttamien seisokkien käsittely ja tarpeellisten toimenpiteiden tekeminen. Tätä kirjoitettaessa puhdistetaan Olkiluodossa säätösauvakoineistoja. Teollisuuden Voima ja Säteilyturvakeskus ovat toimineet asiallisesti ja jämäkästi hankalassa tilanteessa, jossa maine helposti voi kärsiä.* □



# Suomen sähköhuolto ja ydinvoimalaitosten vuosihuollot

Sähkön tarve Suomessa on kesällä noin 30 % pienempi kuin talvella. Touko-kesäkuussa on lisäksi vesivoiman tuotanto kevättulvien johdosta suurimmillaan. Ydinvoimalaitosten vuosihuollot eivät siten aiheuta vajuusta sähkötehon tarpeen kattamisessa. Korvaava energia joudutaan kuitenkin jatkossa tuottamaan suurelta osin lauhdutussähkönä fossiilisia polttoaineita käyttäen.

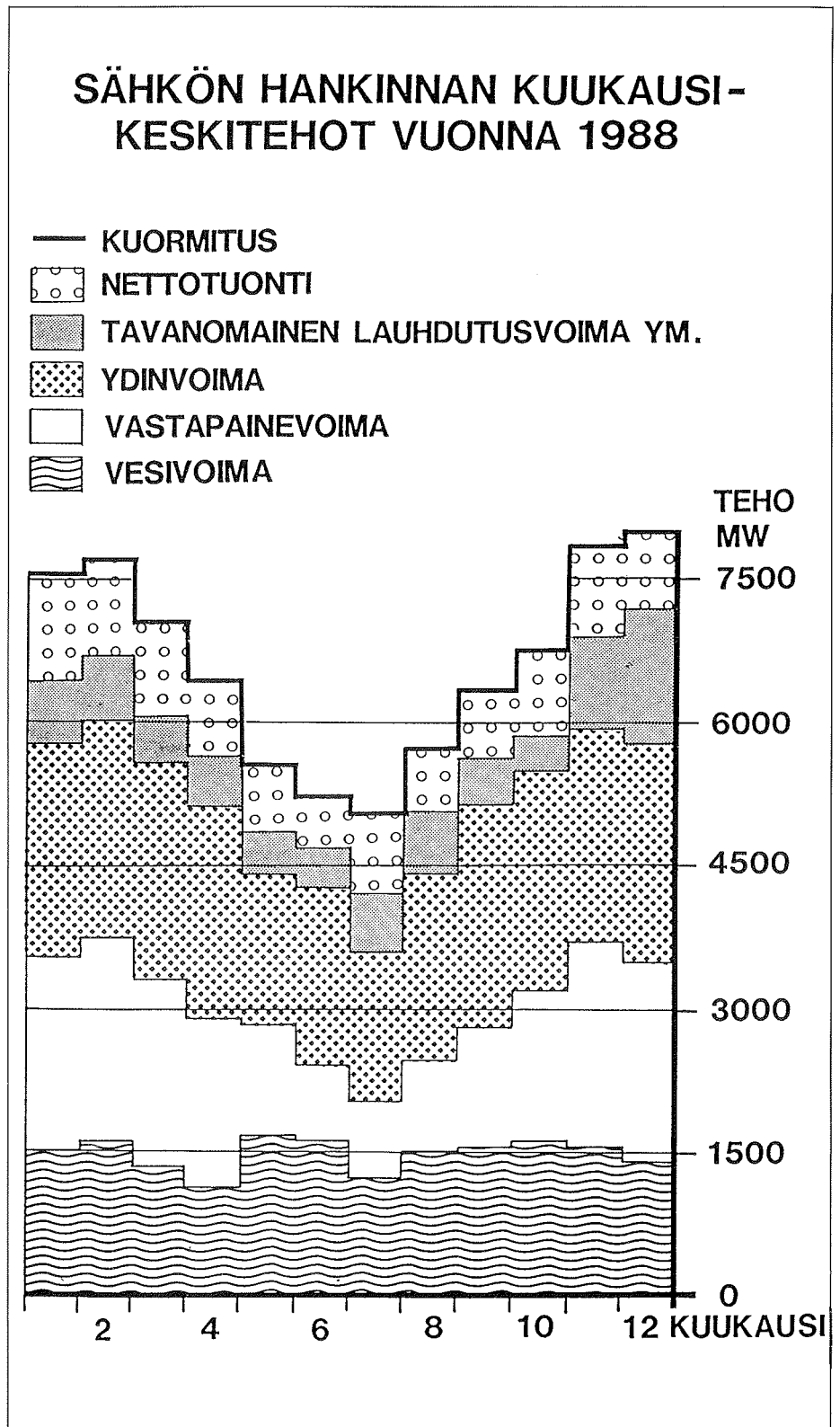
Maamme ydinvoimalaitosten vuosihuollot eli revisiot ja niiden yhteydessä tehtävä polttoaineen vaihto on laitosten ensimmäisiä käyttövuosia lukuunottamatta voitu ajoittaa touko- ja syyskuun väliselle ajalle. Olkiluodon yksiköt huolletaan peräkkäin touko-kesäkuussa. Loviisan yksiköt on viime vuosina huollettu heinä-elokuussa. Heinäkuussa kesälomat kuitenkin hankaloittavat työvoiman saantia, joten Loviisan vuosihuollot on suunniteltu siirrettäväksi elo-syyskuulle.

## Sähkön tarpeen kattaminen

Suomen käytettävissä oleva sähkönhankintakapasiteetti on vuoden 1989 lopussa varateho mukaanluki 13 500 MW. Siitä on ydinvoimaa 2310 MW. Sähköenergian noin 60 TWh vuotuisesta kokonaiskulutuksesta ydinvoimalla katetaan tällä hetkellä 18,5 TWh eli yli 30 %.

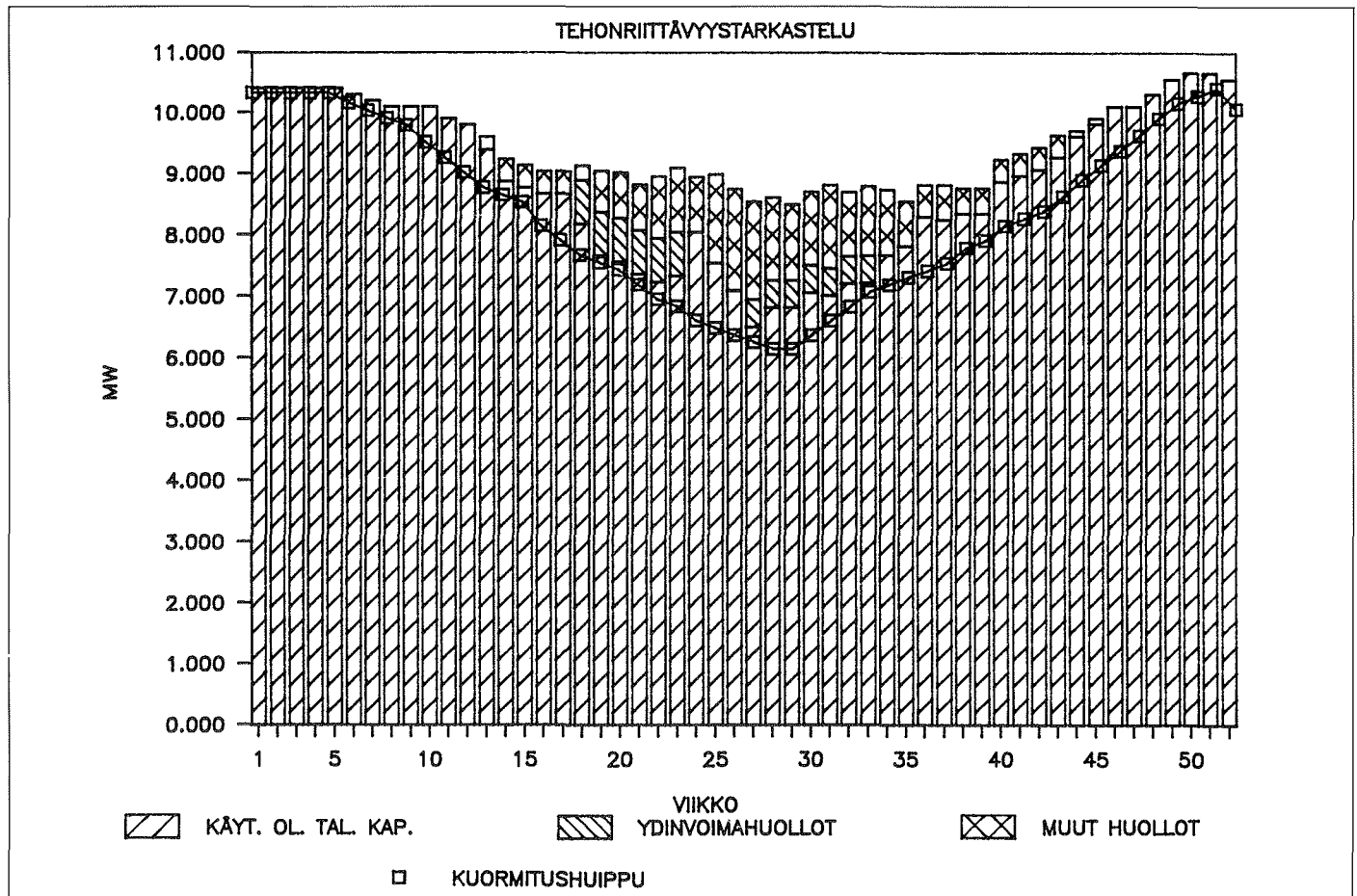
Sähkön tarpeessa esiintyy sekä vuosi-, viikko- että vuorokausivaihtelua. Lämmitys- ja valaistustarpeen vaihtelusta sekä kesän lomakaudesta johtuvan vuosivaihtelun vuoksi sähkön tarve on pienimmillään kesä-heinäkuussa.

Kaikkein pienintä kulutus on metsäteollisuuden juhannusseisokin aikana, jolloin myös ydinvoimalaitosten tuotantoa joudutaan yleensä pienentämään. Muulloin ei ydinvoimalaitosten tehonsäätötarvetta Suomessa juurikaan ole, sillä viikko- ja



Voimalaitosten vuosihuollot ajoitetaan kesäkaudelle, jolloin sähkön ja kaukolämmön tarve on pienimmillään. Tavanomaista lauhdutussähköä ja tuontisähköä tarvitaan kuitenkin myös silloin.

DI Pekka Vile on Sähkötuottajien yhteistyövaltuuskunnan (STYV) käyttövaliokunnan sihteeri, p. 90-648 435.



STYV:n huoltoseisokkiryhmän tehonriittävyystarkastelu vuodelle 1989. Käytettävissä oleva taloudellinen kapasiteetti riittää arvioitujen kuormituksen kattamiseen. Koneistovaurioiden ja poikkeuksellisten kuormitustilanteiden varalle on tämän lisäksi olemassa keski- ja huippuvoimakapasiteettia n. 2300 MW.

vuorokausisäätö sekä hetkellinen taajuudensäätö voidaan hoitaa muilla voimalaitoksilla ja kesäkauden pienen kuorman aikana tehdään muillakin lämpövoimalaitoksilla vuorotellen vuosihuoltoja.

## Vuosihuoltojen ajoitus ja koordinointi

Suomen kaikki lämpövoimalaitokset kuuluvat Sähköntuottajien yhteistyövaltuuskunnassa (STYV) hyväksytyyn yhteiskäyttöjärjestelmän STYV-84 piiriin. Kukin sähköntuottaja pyrkii ajoittamaan voimalaitostensa vuosihuollot siten, että huolloista aiheutuvat kustannukset jäävät mahdollisimman pieniksi. Valtakunnallisesti vuosihuollot koordinoidaan STYV:n huoltoseisokkiryhmissä, joka laatii 60 MW ja sitä suurempien voimalaitosten vuosihuoltosuunnitelman. Ruotsin ja Suomen ydinvoimalaitosten huoltoajankohdista sovitaan myös pohjoismaisen Nordel-yhteistyön puitteissa.

STYV:n vuosihuoltosuunnitelma on voitu laatia kivuttomasti sähköntuottajien omien suunnitelmien pohjalta, sillä suurimmat tuottajat ottavat suunnitelmiaan valtakunnallisen tilanteen huomioon ja lomittavat vuosihuoltojaan myös työvoiman käytön tasaamiseksi. Kaupunkien lämmitysvoimalaitosten yleisin huoltoajankohta on heinäkuu, jolloin kaukolämmön tarve ja myös valtakunnallinen sähkön tarve ovat pienimmillään. TVO:n

Olkiluodon ydinvoimalaitosyksiköiden vuosihuollot alkavat yleensä vapusta, jolloin metsäteollisuuden seisokki vähentää sähkön tarvetta. Toukokuun tulvakauden aikana useat TVO:n osakkaat saavat osan huollon aikana tarvitsemastaan lisäenergiasta omasta vesivoimastaan.

Huoltokauden aikana on runsaiden vesivuosien ansiosta usein voitu ostaa sähköä Ruotsista. Tulevaisuudessa joudutaan käyttämään yhä enemmän myös hiililaudutusvoimalaitoksia. Niiden vuosihuollot jakaantuvat siksi tasaisesti maaliskuulta marraskuulle ulottuvalle ajalle. Kun Loviisan voimalaitoksen vuosihuolto siirtyy heinäkuulta elokuulle, voidaan kuitenkin esim. koko Inכון voimalaitosta koskeva yhteisten hiilenkäsittelylaitteiden huolto tehdä heinäkuussa. Vuosihuoltojen koordinoinnin piiriin kuuluu myös Neuvostoliiton tuonnin tasasähköasema, jolla on viime vuosina ollut parin viikon vuosihuolto kesäkuun loppupuolella.

Vuosihuoltosuunnitelman laatimisessa käytetään myös tehonriittävyystarkastelua, jolla varmistetaan taloudellisen kapasiteetin riittävyys ja siten tasaisen sähkönhankinnan rajahinta huoltokauden aikana.

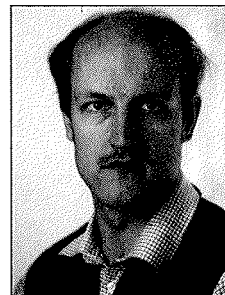
## Huoltosähkön hankinta

Yhteiskäyttöjärjestelmä STYV-84 tarjoaa mahdollisuuden tilata vuosihuoltojen ai-

kana verkkoyhtiöltä huoltosähköä huollossa olevan koneiston tuotannon korvaamiseksi. Huoltosähkön hinta määritetään viikoittain etukäteen, joten sen käyttö ja tilausmäärä voidaan optimoida. Hinta määräytyy yleensä hiililaudutusvoiman muuttuvien tuotantokustannusten perusteella sovitulla marginaalilla lisätynä. Nykytasossa huoltosähkön hinta ilman liikevaihtoveroa on n. 110 mk/MWh.

TVO:n vuosihuoltojen aikana osakkaat hankkivat korvaavasta sähköstä noin neljäosan huoltosähkönä IVO:ita. Muu osa on saatu omilta voimalaitoksilta tai näille hankittuna korvaussähköä sekä lisäämällä tariffisähkön käyttöä, jonka energiahinta on kesäkaudella ollut huoltosähkön hintaa halvempi. Loviisan huoltojen aikana IVO hankkii korvaavan energian omilta hiilivoimalaitoksiltaan tai näille Ruotsista voimatilanteen mukaan saatavana korvaussähköä.

Suurin osa ydinvoimalaitosten vuosihuoltojen aikana näiden tuotantoa korvaavasta sähköstä on energiakustannuksiltaan selvästi ydinvoiman muuttuvia tuotantokustannuksia kalliimpaa. Siksi ydinvoimalaitosten vuosihuollot pyritään Suomessa tekemään nopeasti. Vuosihuolto edeltävä ns. coast down -aika, jolloin laitoksen teho laskee nimellistehoa pienemmäksi, on samoin lyhyempi kuin esimerkiksi Ruotsissa. □



# Seisokkien valvonta ja käynnistyksen valvontaan liittyvät viranomais-tarkastukset

*Säteilyturvakeskus valvoo ydinvoimalaitosten seisokkeja varmentaakseen laitosten seisokeissa tehtävien töiden laadun ja laitosturvallisuuden säilymisen korkealla tasolla. Keskus on julkaissut useita seisokin teknillistä ja hallinnollista suositusta koskevia ohjeita. Keskukseen tarkastajat valvovat seisokin kulkua ja laitoksen käynnistykseen liittyviä toimenpiteitä laitospaikoilla. Kaikista seisokeista toimitetaan etukäteissuunnitelmat ja loppuraportit säteilyturvakeskukselle.*

Ydinvoimalaitosten huolto-, korjaus-, ja polttoaineenvaihtoseisokkien valvonta sisältyy säteilyturvakeskuksen suorittamaan ydinvoimalaitosten käyttötoiminnan aikaiseen valvontaan. Valvonnan avulla keskus pyrkii varmistamaan siitä, että seisokkien aikaiset työt suunnitellaan huolellisesti ja että työsuoritukset tapahtuvat etukäteissuunnitelmien ja hyväksytyjen menettelytapojen mukaisesti. Töiden suorituksen aikaisen valvonnan lisäksi keskus valvoo, että työsuorituksista ja seisokin tapahtumista laaditaan asianmukaiset tallenteet. Seisokin lopuksi keskus varmistaa laitoksen toimintakuntoisuuden ennen käynnistämistä.

## Valvontamenettelyt

Keskukseen valvontaan sisältyy lukuisia sekä hallinnollisiin menettelytapoihin että yksittäisiin töihin kohdistuvia tarkastuksia.

Ennen polttoaineenvaihtoseisokin aloittamista voimayhtiö toimittaa keskukselle seisokin pääaikataulun, luettelon seisokissa tehtäviksi suunnitelluista töistä sekä suunnitelmat säteilysuojelu-, valmius-, palosuojelu- ja turvajärjestelyistä seisokin aikana. Lisäksi voimayhtiö toimittaa keskukselle selvitykset reaktoriin vaihdettavan uuden polttoaine-erän ominaisuuksista.

Seisokin alkaessa keskuksen tarkastajat valvovat laitoksilla reaktorin pysäyttämistä, ns. alasajoa. Alasajon aikana tarkastajat osallistuvat monien ainoastaan erikoistilanteissa tarvittavien järjestelmien koestuksiin. Näitä järjestelmiä, joita ei voi koestaa normaalin sähköntuotannon aikana, ovat esimerkiksi hätätilanteissa tarvittavat primaari- ja sekundaariipiirin varoventtiilit.

## Tarkastusalueet

Säteilyturvakeskuksen tarkastajat tekevät laitoksilla seisokkien aikana tarkastuksia jotka kohdistuvat mm. seuraaville erikoisalueille:

- lataustoimet ja polttoaineelle tehtävät toimenpiteet ja tarkastukset
- järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden koestukset ja tarkastukset sekä muutos-, korjaus- ja huoltotyöt
- säteilysuojelu-, valmius-, turva- ja palontorjuntajärjestelyt

Tarkastukset tehdään seisokin pituudesta riippuen erikseen harkittavassa laajuudessa. Tarkastuslaajuuden määrittämisen helpottamiseksi kaikki laitosten järjestelmät ja laitteet on luokiteltu niiden turvallisuusmerkityksen mukaisiin luokkiin. Laitteille ja rakenteille määritellään tarkastuslaajuus turvallisuusluokituksen mukaisesti säteilyturvakeskuksen ohjeissa ja päätöksissä.

Käytännössä vuosihuoltoseisokeissa säteilyturvakeskuksella on koko ajan laitospaikalla 2–4 tarkastajaa, jotka osallistuvat seisokin aikaiseen päätöksentekoon ja tarkastuksiin.

## Käynnistysvaiheen tarkastukset

Ennen reaktorin käynnistämistä voimayhtiön on saatava säteilyturvakeskukselta käynnistyslupa. Lupahakemuksen käsitteilyn yhteydessä keskus arvioi seisokissa tehdyt havainnot ja keskuksen omien sekä voimayhtiön tarkastajien pöytäkirjoissa esitetyt tarkastustulokset. Kirjallisen luvan saatuaan voimayhtiö ei kuitenkaan voi heti käynnistää laitosta. Koska reaktorin käynnistystoimenpiteet kestävät

normaalisti useita päiviä edellytetään reaktorin kriittiseksi tekemiseen säteilyturvakeskuksen laitokselle lähettämien tarkastajien suostumus. Nämä tarkastajat seuraavat käynnistystä ja puuttuvat tarvittaessa voimayhtiön toimiin. Käynnistystoimista tarkemmassa valvonnassa ovat mm. seuraavat:

- reaktoripaineastian kannen sulkeminen
- ydinmateriaalikirjanpidon tarkastaminen
- laitoksen venttiilien asentojen varmentarkastukset
- suojausjärjestelmien käyttökuntoisuuden toteaminen

Tarkemmalla valvonnalla keskus pyrkii varmistamaan käyttöehtojen ja voimayhtiön sisäisten rutiinien noudattamisen kaikissa toimissa.

## Loppuraportit

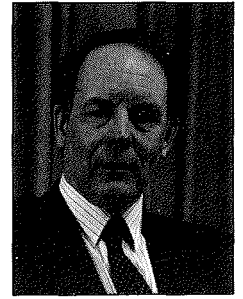
Seisokin päätyttyä voimayhtiö toimittaa keskukselle seisokkiraportin sekä seisokissa tehtyjen tarkastusten tulosraportit. Näiden loppuraporttien lisäksi on voimayhtiölle asetettu velvoite raportoida säteilyturvakeskukselle välittömästi kaikista poikkeavista tapahtumista ja havainnoista seisokin aikana. Velvoite koskee erityisesti turvallisuuden kannalta tärkeitä seikkoja.

## Tämän vuoden seisokit

Vuoden 1989 vuosihuoltoseisokeissa Loviisan laitospaikoilla säteilyturvakeskuksen tärkeimmät valvontakohteet olivat höyrysiemien syöttövesiputkistojen korjaukset, uuden hätäsyöttövesijärjestelmän pumppauskokeet sekä hallinnolliset menettelyt ylösajoissa.

Vastaavasti Olkiluodon seisokeissa tänä vuonna keskuksen laajimpana valvontakohteena oli mahdollisten onnettomuuksien seurausten lieventämiseen liittyvät laitosmuutokset. □

DI Olli Nevander on Säteilyturvakeskuksen ydinturvallisuusosaston käytövalvontapäällikkö, p. 90-708 2393.



# Outage Management in TVO Olkiluoto Nuclear Power Plant

*TVO supplies base load electrical energy to its shareholders, Finnish industrial and power companies, from its two nuclear power plant units TVO I and TVO II at Olkiluoto, at cost price. TVO I was taken into operation more than ten years ago. The present excellent performance of TVO I and TVO II is largely due to successful plant design — ABB-ATOM 710 MW BWRs, proper operation, low fuel failure rate and detailed maintenance planning and implementation. Fluctuations in electrical power requirements, national grid limitations, the effect of cooling water temperatures and stretch out operation only marginally affect TVO's overall nuclear power capacity factors.*

TVO applies a 12-month refuelling cycle. One quarter of the core fuel inventory is replaced each year. During the annual refuelling outage most the maintenance operations, inspections and plant upgrading are performed. The annual outage is successful only if

- additional scheduled and unscheduled downtime can be minimized during the rest of the operational year
- the annual refuelling and outage time itself is short
- the resulting cost of these operations can be kept at bay
- occupational dose exposure to all personnel has been low.

## Minimizing annual outage time

At TVO considerable effort has been made to minimize the annual refuelling outage time. It goes without saying that all necessary actions are performed with a view to safe and undisturbed plant operation until the next refuelling.

The need for undisturbed full power production is exceptionally strong for the following reasons:

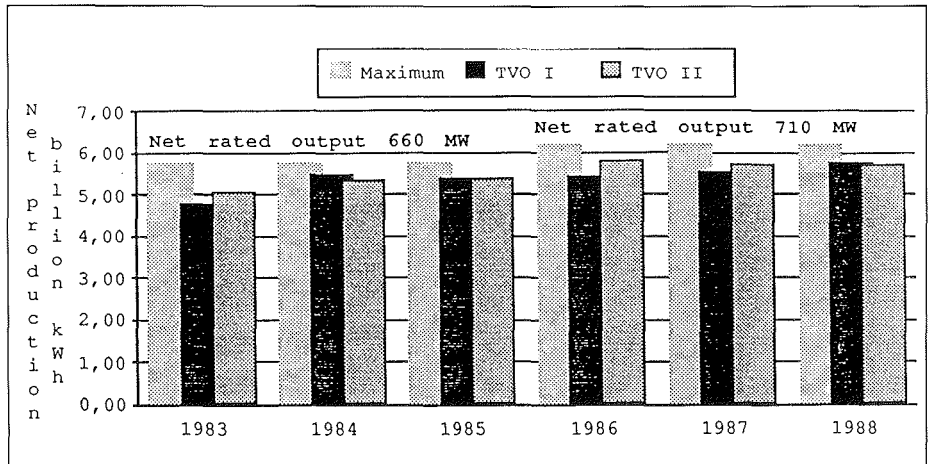


Figure 1. Annual net energy production of TVO I and TVO II compared with theoretical maximum production (100 percent capacity factor).

- TVO has only the two 710 MW nuclear power plant units and no alternative or own reserve power production facilities.
- Many of TVO's shareholders are heavy, electric power intensive wood-processing industries. All TVO outages mean expensive replacement power, having an immediate effect of their production costs.

The annual refuelling outage operations are timed to take place during a relatively short spring/summer period starting April/May, when less electrical energy is needed and cheap hydropower is available. Outage on one unit is followed immediately by the other.

The recognition by all TVO staff of the economic benefits of a brief and carefully prepared outage and other scheduled shutdowns means that even extraordinary efforts can be motivated.

The company's top management has a positive attitude to allocating resources for e.g. spare and replacement parts, manpower resources as well as to investments in special equipment and improvements that enhance plant safety, reliability and maintainability.

Although regular maintenance and overhaul is considered as part of the operational cost and, hence, is financed by revenue income, basic investments improving safety and/or plant reliability are consis-

tently financed externally. TVO's loan amortization and new investment plans allow for FIM 80—100 million (USD 20—25 million) per year new domestic and foreign loans for such purposes. However, this figure includes TVO's nuclear waste and spent fuel handling long term investments.

## Principles, methods and lessons learned

Below, a brief account of principles and methods, including lessons learned, that have contributed to TVO's good outage statistics will be given. It must, however, be pointed out that there really is no inherent "secret" involved, unless by that is meant disciplined hard work and unabated attention to every detail.

DI Magnus von Bonsdorff on Teollisuuden Voima Oy:n toimitusjohtaja, p. 90-605 022.

## Underlying facts

There are, after all, some notably positive starting points:

- With the exception of generator teething troubles, no such serious plant deficiencies have occurred, as would have required extended shut-downs.
- Due to good initial plant safety standard and quality no time-consuming and expensive backfittings have been required. Many "advanced" BWR concepts have been implemented by ABB-ATOM for TVO's plant already in the early 1970's.
- Fourfold safety related system redundancy allows substantial equipment maintenance and repair during power operation — as permitted and controlled by the safety regulatory authorities.
- Spacious and well planned ABB-ATOM plant lay-out facilitates maintenance work. E.g. within the reactor containment several jobs can be carried out simultaneously.
- TVO I and II are identical plant units in almost every detail. This makes vital component interchangeability possible and reduces spare part stock. Rapid spare part and replacement component exchange has been developed between TVO and Swedish nuclear power operators with ABB-ATOM BWR's.

In addition, TVO's relations to the safety regulatory authority (STUK) can be characterized as uncompromising (but friendly) and, above all, expedient. The STUK has an experienced resident representative on site. Apart from operating and other conditions stated in the plant operating licences and guidelines submitted from time to time, the authority does not advise TVO as to safe plant operation. However, any action involving safety-related processes or systems must be described in detail and submitted to the authority for approval before being implemented. This principle, which was fully applied already during plant construction and commissioning, has markedly improved plant reliability in addition to its prime purpose, ensuring nuclear safety.

## Accurate planning

The maintenance strategy at TVO is based on an extensive preventive maintenance program. Computerized scheduling and management systems are used. The maintenance periods of individual components and systems are carefully evaluated. Wear and aging is monitored. All main components have long term overhaul programs.

Main planning responsibility for maintenance and outage operations lies with the Production Department.

During the 1988 annual outage, the break-down of work hours was: maintenance 39 percent, modifications 30 per-

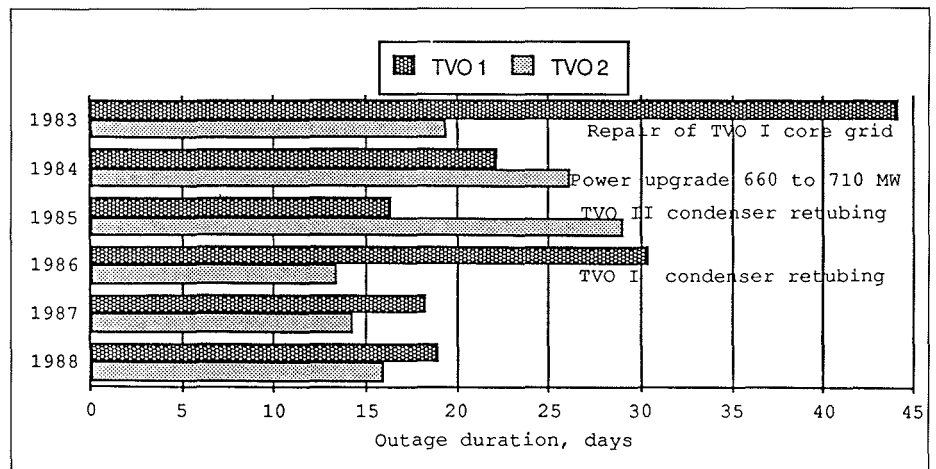


Figure 2. Outage durations at TVO I and TVO II in 1983—88.

cent, in-service inspection 11 percent, corrective maintenance 9 percent and miscellaneous work 11 percent.

Predictive maintenance planning methods are used but they should be developed further. E.g. continuous monitoring of intergranular stress corrosion has made it possible to incorporate corrective maintenance of the core grid, fuel bundles and SS primary circuit tubing into the annual outage. Also, a continuously updated probabilistic risk assessment (PRA) for TVO I and II will be used in planning design changes.

Outage planning starts early. Rough planning is done 10 years ahead for certain jobs, such as high cost operations. Certain contracted manpower resources are scheduled years ahead to fit into outage requirements of other nuclear power plants both in Finland and Sweden. Planning of next year's outage is started after the summer holidays, almost immediately after the outages just finished. Outage planning, both overall and for individual jobs, must be carried out accurately with regard to schedule, cost and occupational dose exposure.

The duration of an outage is typically about two weeks. Refuelling and in-core inspections usually define the critical path. However, some other extensive operations, such as plant output upgrading, opening low pressure turbines or replacing condenser tubing has determined the critical path. In recent years, the departure from the refuelling/in-core inspection determined schedule has been only a few days.

## Job preparation

The final version of the main outage schedule is ready in December together with a number of subschedules, particularly those that may affect the critical path. Work orders for preventive and corrective maintenance are loaded into

the computerized work order system by January. After that work foremen finalize the detailed schedule. Replacement parts, material and equipment requirements, tools and services are assessed and ordered. Own and contracted outage personnel is assigned and briefed for each task.

There are some 1500 to 3000 separate jobs to be carried out during each plant unit annual outage. Jobs repeated annually or every second or third year comprise a substantial part of it. Experience of manhours, optimum manpower, use of replacement parts etc., are stored on computers and can be called upon for work optimization.

Sporadic or once-only jobs or jobs to be done for the first time, of which there is no previous experience, are planned in detail and the amount of work carefully assessed. This is particularly true of major modifications and large upgrades, implemented simultaneously and largely within the annual outage schedule, such as condenser retubing and turbine internals and piping replacements carried out some years ago. For this type of jobs/projects the Technical Department carries design, planning and overall supervision responsibility.

## On-power maintenance and inspection

Less maintenance needs to be done during annual refuelling outages due to the four half capacity safety-related subsystems that allow power operation to continue for 30 days with one subsystem inoperable. About 40 percent of the regular maintenance and inspection operations can be carried out as non-outage jobs without having to restrict power production. Maintenance and inspection operations within each subsystem are mainly linked to the recurring diesel generator maintenance of that subsystem.



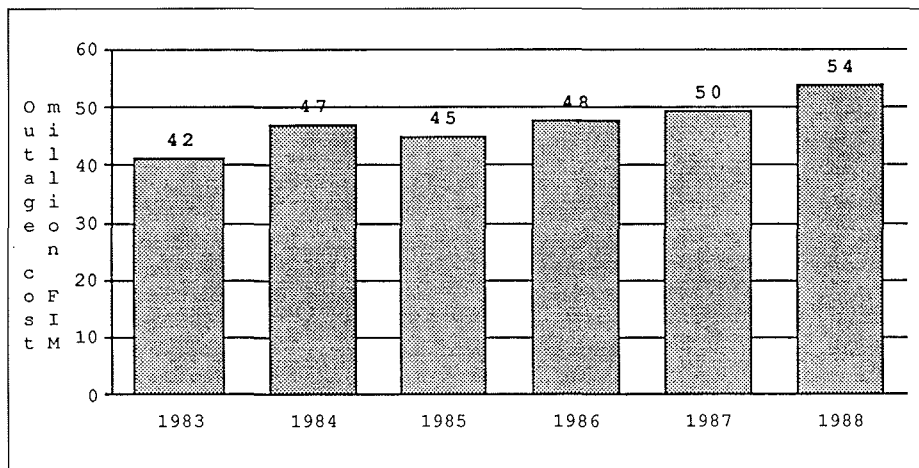


Figure 3. Total revision cost (excluding major changes or upgradings) development for the two plant units in actual money. Considering annual inflation (4–6 percent), there has been a slight real cost reduction. Less time spent naturally means less costs. On the other hand, the number of separator tasks to be carried out has remained rather constant. Thus work rationalisation and effective planning are the main contributors to time and cost reductions. 1 USD = 4.2 FIM.

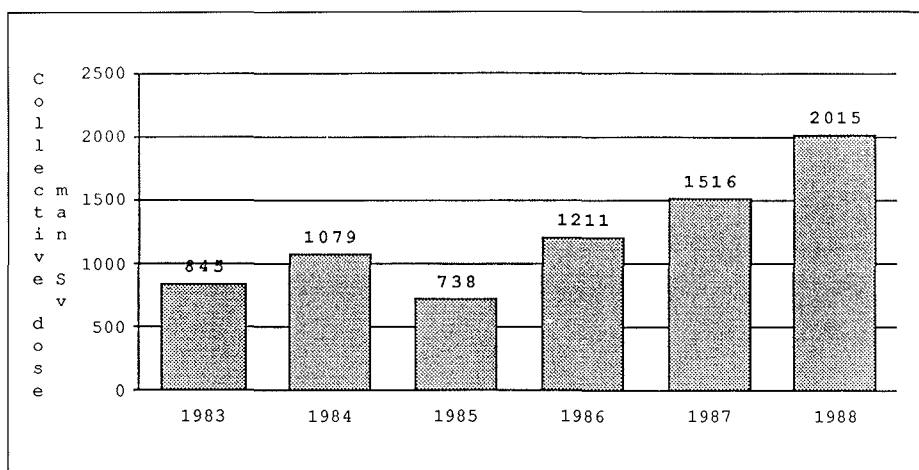


Figure 4. The development of the collective dose to the annual refuelling outage personnel (both TVO's own and contracted) at TVO I and TVO II. The level is still very low compared with what is common elsewhere, but there is a rising trend, which may be attributed to plant aging. The low general dose level, however, is above all due to excellent fuel performance. As TVO runs the reactors for base load production, stresses on the fuel are minimized.

### Outage management

Top responsibility lies with the **Outage Leading Group**, chaired by the Production Department Superintendent. As the head of the **Outage Group** there is a permanent **Outage Coordinator** with two shift supervisors from each plant unit, respectively, pulled off-shift on an annually rotating basis, to assist him. The outage coordinator is responsible for the outage work and keeps the time schedule under control. From the central control room he also issues work orders, radiological work permits and fire and electrical safety permits.

In general, decisionmaking is delegated to the lowest possible level. Workers are not oversupervised and work independently.

### Professional experience

Professional experience of the annual outage crew is, of course, of prime importance. During outage work planning as well as in its implementation,

TVO's own maintenance staff, some 100 persons, plays the key role (being involved in, e.g., supervision tasks). TVO's own staff has a very low turnover, most of them have joined the company at the outset.

The contracted personnel, 700 to 800 persons, has been individually recruited from more than 70 subcontractors. As many as 80 percent of these persons have returned year after year. For certain special tasks, TVO has concluded long term agreements with subcontractors. Their personnel is trained at TVO's expense. On arrival, all contracted personnel is given a refresher training course on radiological work and site specifics.

### Cooperation with the main suppliers

Cooperation with the main suppliers of the plant is one of the most important prerequisites for achieving good maintenance results. TVO has service and know-how agreements with the suppliers

of the reactor (ABB-ATOM) and the turbine (ABB-STAL). In addition to participation in outage planning these agreements specify continuous assistance to TVO. TVO has very good experiences of the preparedness of these companies to assist when needed.

### Continuous three-shift work

Continuous three-shift work including weekends and holidays, in critical-path jobs is necessary. This has been used quite extensively, even though the effect on labour costs is considerable. The overall economic advantages of outage time saved still outweigh the costs incurred.

### Outage bonus

An outage bonus system has been adopted to motivate TVO personnel to make their best efforts for short outages. The bonus is based on actual vs. planned work hours and actual vs. planned outage duration. Work hour and duration additions due to extra downtime as a result of improper outage operations are of course added. Experience so far has been encouraging.

### Replacement components

Use of replacement components is one way to reduce outage time. TVO has procured a large number of complete replacement components for important systems. The components can be used in either plant unit. Examples of such components are pilot valves for the reactor blow-down relief valves (which have to be tested annually), main circulation pumps, turbine regulator servos etc. These components are replaced with overhauled and tested ones during the scheduled outage. They will then in turn be prepared for reuse carefully and in good time by the regular maintenance personnel.

### Outage evaluation

The success of TVO's ambitious maintenance and outage efforts should be evaluated not only in reduced outage time and electrical energy production gained but also in **annual revision cost** and **radioactive occupational exposure** to the crew (figures 3 and 4).

The remarkable cleanliness and low contamination level of the TVO plant units also contributes to low overall doses. Other factors contributing to low collective doses are a system of door locking in the controlled area (only a radiological technician can unlock doors to higher radiation areas) and a computerized digital dosimetry system for individual dose monitoring. The number of persons working in the controlled area is kept low, only those having a radiological work permit are allowed. □



# Ydinvoimalaitoksen kunnossapidon kehitysnäkymiä

***Ydinvoimalaitoksen kunnossapito painottuu intensiivisiin vuosihuoltoihin, jolloin tarvitaan runsaasti ulkopuolista työvoimaa. Laatua pyritään nostamaan ja kustannuksia optimoimaan entistä kattavammalla kunnonvalvonnalla ja oikea-aikaisemmalla ennakkohuollolla. Kunnossapitoyhtiöitä perustetaan kovenevan kilpailun markkinoille.***

Sähköenergian tuotanto-olosuhteet Suomessa asettavat ydinvoimalaitosten käytölle ja kunnossapidolle seuraavat selkeät tavoitteet:

- laitosten tulee tuottaa häiriöttä sähköä täydellä teholla koko polttoaineen vaihtojen välisen käyttöjakson ajan;
- polttoaineen vaihtoseisokit tulee ajoittaa alhaisen kulutuksen aikajaksolle (touko-syyskuu) ja seisokkien kesto tulee minimoida.

Tavoitteet on edellä esitetty tärkeysjärjestyksessä, eli latausseisokkien kestoja ei tule minimoida käyttöjakson kustannuksella. Tavoitteiden saavuttamisen kannalta on tärkeää, että latausseisokeissa tehdään oikeita töitä ja työt tehdään laadukkaasti ja tehokkaasti. Tulevaisuudessa ei ole nähtävissä seikkoja, jotka muuttaisivat näitä tavoitteita oleellisesti.

## **Vuosihuollon suunnitteluun panostetaan jatkossakin**

Tärkeä osa suunnittelua on vuosihuollosa tehtävien töiden määrittely. Vuosihuoltojen pitkän tähtäimen suunnittelun rungon muodostavat pääkomponenttien huolto-ohjelmat, jotka perustuvat viranomaismääräyksiin, valmistajien huolto-ohjeisiin jne. Voimalaitoskomponenttien todellisen huollontarpeen selvittämiseen kannattaa panostaa. Laitteiden valmistajien suosittelemat huolto-ohjelmat perus-

tuvat yleensä kalenteriaikaan tai käyttötunteihin. Käytännössä vikaantumistiheyteen vaikuttavat monet käyttöympäristöstä ja käyttötavoista riippuvat tekijät, joita laitteen valmistaja ei välttämättä tunnne. Samanlaistenkin laitteiden vikaantumisvälit vaihtelevat oleellisesti valmistuksessa tapahtuvien poikkeamien vuoksi jopa samanlaisissa käyttöolosuhteissa. Niinpä laitevalmistaja joutuu suosittelemaan laitteiden huolto-ohjelmia, jotka sisältävät yleensä systemaattisesti liian suuria huolto- ja tarkastustöitä liian usein. Erinomainen työkalu tämän ongelman pienentämiseksi on kunnonvalvonta, johon Loviisan voimalaitoksella on panostettu alusta alkaen ja johon tullaan panostamaan myös tulevaisuudessa.

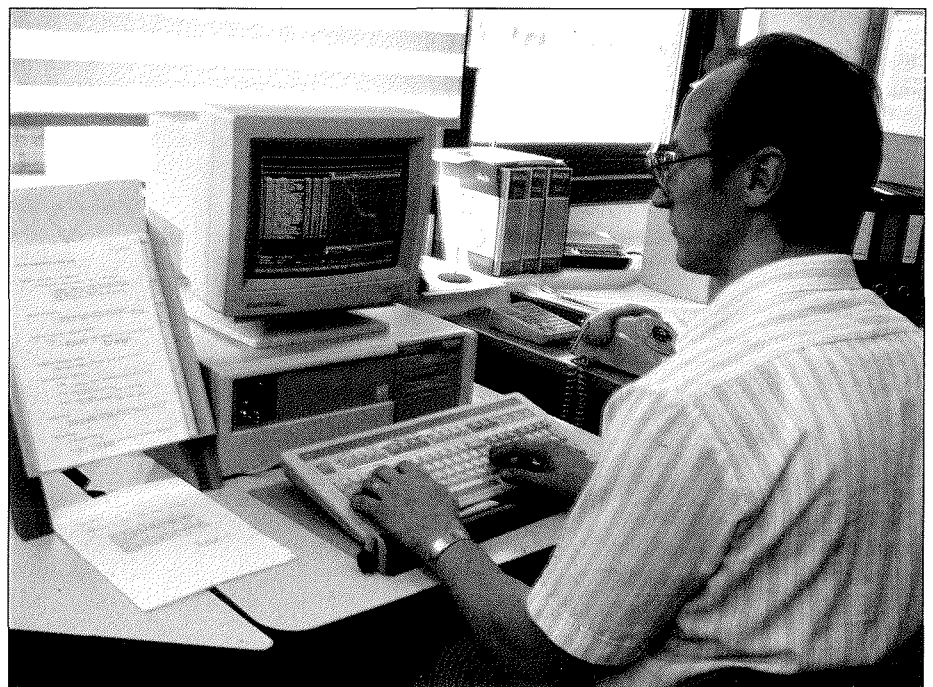
Ennakkohuolto-ohjelmien tehokkuuden arviointia tulee tehdä jatkuvasti. Liian usein tehtävät ja turhat ennakkohuolto-toimenpiteet ja tarkastukset eivät ole vain työpanoksen haaskausta, vaan ne myös turhauttavat tekijänsä niin, että heidän työnsä laatu laskee. Kun ennakkohuolto-kohteita on tuhansia, ei aivan ilmeisimpienkään asioiden havaitseminen ole itsestään selvää. Tällaisten ongelmien ratkaisemisessa on tietokone erinomainen apuväline. Loviisan voimalaitokselle hankittiin viime vuonna uusi kunnossapidon ATK-järjestelmä, jonka hyödyntämiseen koko kunnossapitotoiminnan tehostami-

seksi tulemme jatkossakin panostamaan.

Yksittäisten kunnossapito- ja perusparannustöiden yksityiskohtainen ja riittävän aikainen ja laadukas suunnittelu on myös edellytys tehokkaasti toteutetulle vuosihuollolle. Jatkossakin tulee korjaus- ja perusparannussuunnittelu Loviisan ydinvoimalaitoksella perustumaan huomattavaan ulkopuolisen työvoiman käyttöön. Merkittävin yhteistyökumppani tulee edelleenkin olemaan IVO Engineering. Voimalaitoksen kannalta tärkeää on, että myös suunnittelun osalta kilpailutilanne säilyy eli IVO Engineeringiä kilpailutetaan muitten suomalaisten ja ulkomaisten suunnittelutoimistojen kanssa.

Vuosihuoltojen aikasuunnittelu on ollut ehkä merkittävin panostuksen kohde Loviisan voimalaitoksella kuuden viime vuoden aikana. Tämän panostuksen tulokset ovat selkeästi nähtävissä. Normaalin vuosihuollon kesto on lyhentynyt ~30 vrk:sta 20 vrk:een, vaikka työmäärät eivät ole laskeneet ja tiukentuneet viranomaisvaatimukset ovat lisänneet byrokratiaa ja vähentäneet varsinaiseen kunnossapitotyöhön käytettävissä olevaa aikaa.

Loviisan voimalaitoksella on vuosihuolto-aikataulut tehty viime vuosina niin tiukoiksi, ettei aikataulujen alitus ole ollut käytännössä mahdollista. Käytäntö on



*Aikataulusuunnittelun onnistumisella on keskeinen asema koko vuosihuollon onnistumisessa. Loviisan aikataulun suunnittelussa käytetään apuna uutta atk-järjestelmää.*

*DI Arvo Vuorenmaa on Loviisan voimalaitoksen kunnossapitopäällikkö, p. 915-5501.*

osoittanut, että lievä jäljessäolo on huomattavasti helpommin hallittavissa kuin jos aikataulusta ollaan edellä. Tulemme jatkossa noudattamaan samaa periaatetta aikasuunnittelussa, vaikka tavoitteena ei ole normaalin vuosihuollon lyhentäminen nykyisestäään.

## Ulkopuolisen työvoiman käyttö lisääntyy

Ydinvoimalaitoksen kunnossapitotoiminta on voimakkaasti kausiluonteista. Vuosihuoltojen aikana tehdään lyhyessä ajassa erittäin suuri määrä korkeatasoista ammattityövoimaa vaativia korjaus-, muutos- ja tarkastustöitä. Käyttökäskön aikana on korjaustöiden määrä huomattavasti pienempi.

Suunnittelutoiminta puolestaan painottuu käyttökäskölle, jolloin vuosihuolto työt suunnitellaan. Vuosihuoltojen aikana suunnittelulta edellytetään kykyä nopeiden ratkaisujen tekoon ja nopeasti toteutettavien, luotettavien korjausvaihtoehtojen löytämiseen.

Ammattityövoiman puute on ollut tosia asia Suomessa jo vuosia ja puute tulee tulevaisuudessa entisestäänkin kasvamään. Vaatimus niukan resurssin käytön tehokkuudesta sekä ydinvoimalaitoksen kunnossapidon kausiluonteisuus johtavat samoihin yksinkertaisiin johtopäätöksiin: — ydinvoimalaitoksen oma henkilöstö tulee mitoittaa kausivaihtelujen minimitarpeen mukaan — vaihteleva lisätyövoiman tarve ostetaan kunnossapitopalveluihin erikoistuneilta ulkopuolisilta yrityksiltä.

Ainoa poikkeus tähän periaatteeseen on se, että eräiden avainalueiden asiantunteisuuden säilyminen Suomessa tulee varmistaa.

Ammattitaitoaan arvostava ammattimies

tuskin työskentelee motivoituneesti, jos hän joutuu merkittävän ajan työajastaan tekemään ammattitaitonsa kannalta vähemmän vaativaa työtä. Ammattitaidon säilymisenkään kannalta se ei ole järkevää.

Mitä korkeammin koulutetusta asiantuntijasta on kysymys, sitä selvempää on, ettei yksi voimalaitos kykene tarjoamaan riittävästi ongelmia ratkaistavaksi, jotta ammattitaidon kehittyminen olisi turvattu. Asiantuntijan perehtyminen alansa ongelmiin erilaisissa teollisuusympäristöissä on myös omiaan tuomaan uusia ratkaisuja ja kokemuksia harkittavaksi ja hyödynnettäväksi.

Oman henkilöstön mitoittaminen kausivaihtelujen minimitarvetta vastaavaksi on siis yhteiskunnan, henkilöstön sekä yrityksen yhteinen etu.

## Erikoistuminen lisääntyy

Vielä vuosikymmen sitten kunnossapitopalveluja tarjosivat etupäässä suuryritykset, joiden päätoimiala oli oma laitetuotanto tai uudisasennukset. Kunnossapitopalveluja tarjottiin lähinnä päätoiminnan hiljaisten aikojen täytteeksi. Viime vuosien kehityssuunta on ollut erikoistuminen. Yritykset keskittyvät tarjoamaan erikoisosaamista vaativia kunnossapitopalveluja tai jopa rutiinimaisia kunnossapitotöitä.

Prosessiteollisuudessa tapahtuu tehtaiden kunnossapito-osastojen yhtiöittämistä itsenäisiksi kunnossapitopalveluita tarjoaviksi yrityksiksi. Tämän kehityksen taustalla on tarve tehostaa kunnossapidon ammattitaidon käyttöä. Yhtiöittäminen on luonnollinen ratkaisumalli vanhemmissa tuotantolaitoksissa, joissa kunnossapito-organisaatio on alunperin mitoitettu täyttämään tehtaan kaikki tarpeet.

Kunnossapitopalveluita ostavien organisaatioiden kannalta tällainen kehitys on pelkästään myönteistä. Erikoistumisen kautta tuotteiden eli kunnossapitopalveluiden laatu paranee ja yhtiöittämisten myötä niukkojen resurssien käyttö tehostuu eli periaatteessa hinta laskee. Palveluiden tarvisijoiden kannalta tärkein huolenaihe tässä kehitystilanteessa on se, että kilpailutilanne säilyy palvelujen tarjonnassa.

## Myös oman henkilöstön erikoistuttava

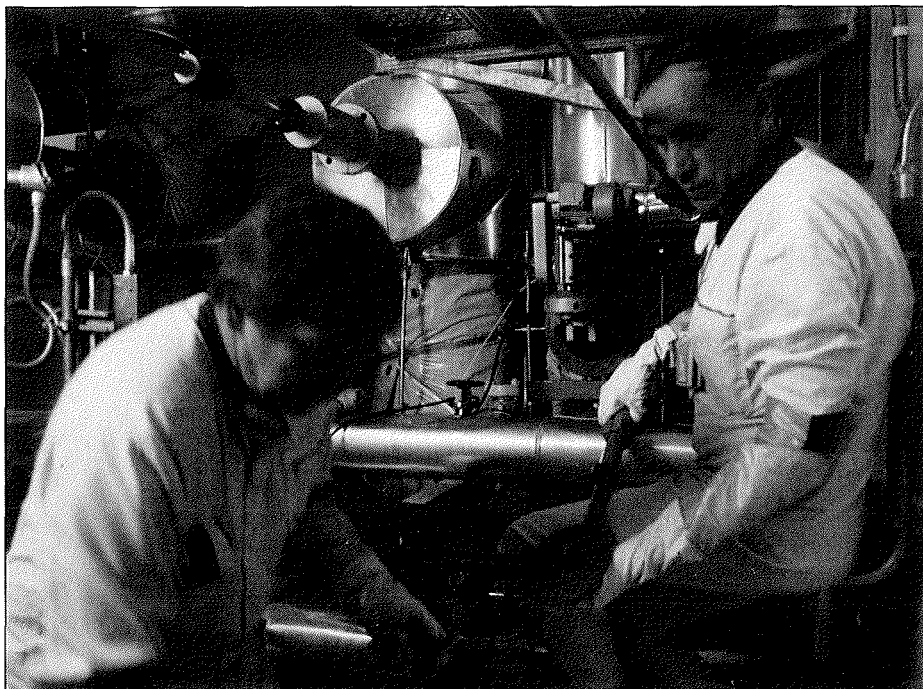
Kasvava tehokkuusvaatimus koskee luonnollisesti myös voimalaitoksen omaa henkilöstöä. Tässä tilanteessa oikea kehityssuunta ydinvoimalaitoksen kunnossapitoorganisaatiolle on sama kuin muuallakin eli erikoistuminen.

Ydinvoimalaitoksen kunnossapitoorganisaation erikoistumisalueen tulee olla sellainen, että onnistumisen edellytykset ovat paremmat kuin muilla organisaatioilla. Tällainen alue on yhdellä sanalla kuvattuna "laitostuntemus". "Laitostuntemus" käsittää tässä yhteydessä varsinaisen prosessituntemuksen, käyttö- ja ympäristöolosuhteiden lisäksi myös viranomaisvaatimukset, turvallisuustekniset käyttöehdot ja niihin liittyvät työskentelyrajoitukset, laitekohtaiset käyttökokeemukset jne. Ne ihmiset, jotka tuntevat parhaiten nämä asiat, kykenevät tekemään optimaaliset kunnossapito-, korjaus- ja uudistusohjelmat voimalaitoskomponenteille sekä realistiset minimiaikataulut vuosihuolloille. Ihmisillä, jotka ovat päivittäin tekemisissä laitoksen komponenttien ja järjestelmien kanssa, on parhaat edellytykset saavuttaa alussa esitetyt tavoitteet.

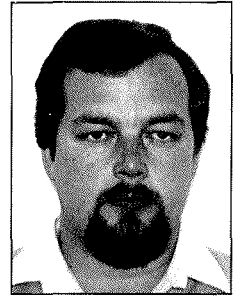
Tehokkuusvaatimus edellyttää myös sitä, että kunnossapitopalvelut ostetaan ulkopuolelta, jos ulkopuolinen yritys kykenee sen edullisemmin tarjoamaan. Kunnossapito-osaston tulee osata käyttää tehokkaasti ulkopuolisia palveluja. Tehokkuusvaatimus johtaa täten siihen, että henkilöstö tekee itse vain niitä asioita, joissa paremmuuden edellytykset ovat olemassa. Tehokkuusvaatimus ei täyty, jos kunnossapito-organisaatio on suurempi kuin kausivaihteluiden minimitarve.

## Tärkein panostuksen kohde henkilöstö

Henkilöstön merkitys hyvien tulosten saavuttamisessa korostuu vielä entisestäänkin. Siksi on erinomaisen tärkeää, että henkilöstön ammattitaito ja motivaatio säilyy korkealla tasolla. Tämä edellyttää lisääntyvää panostusta koulutukseen, työskentely-ympäristöön ja työkaluihin. □



Henkilöstön korkea ammattitaito on useimmissa työvaiheissa perusedellytys onnistuneelle ja nopealle vuosihuollolle. Kuvassa menossa venttiilin hionta TVO I:n vuosihuollossa.



## Ydinvoimalaitoksen vuosihuollon suunnittelu ja toteutus

**Loviisan ydinvoimalaitoksilla vuosihuolto suoritetaan polttoaineen vaihtolatausseinon vaihtoyhteisyydessä ja yleisesti puhutaankin latausseinon vaihtoyhteisyydestä tai revisiosta. Latausseinon vaihtoyhteisyydessä vaihdetaan reaktorin polttoaine-elementtejä n. 30 %, eli 14 tuoreisiin elementteihin. Polttoaineen vaihtoyhteisyyden lisäksi tehdään seisokissa erilaisia muutos-, korjaus-, huolto- ja tarkastustoimenpiteitä.**

Ydinvoimalaitoksen vuosihuoltoseisokki eroaa konventionaalisen laitoksen vastavasta ensinnäkin siinä, ettei voimalaitoksen kaikkiin laitteisiin päästä yhtäaikaan käsiksi. Tämä johtuu siitä, että laitoksen kaikkia toimintoja ei voida pysäyttää seisokin ajaksi, sillä esim. primääripiirin jälkilämmön poistoa on pidettävä yllä koko seisokin ajan huomioiden turvallisuusmääräykset.

Toinen erottava seikka on tiettyjen tilojen ja komponenttien radioaktiivisuus. Tästä johtuen joudutaan käyttämään näissä kohteissa työskennellessä suoja-vaatetusta ja tarvittaessa käyttämään tai kehittämään erikoistyömenetelmiä. Joitakin komponentteja halutaan dekontaminoida (= pestä) tai suojata lyijylevyillä ennen työskentelyn aloitusta, jotta vältetään turhat säteilyannokset työntekijöille.

Latausseinon alkamisajankohta määräytyy polttoaineen palamasta ja valtakunnan sähköntarpeesta. Ajankohtaa voidaan siirtää ajamalla laitosta osateholla ja aivan viime vaiheessa, kun teho ei riitä enää 100 %:iin, voidaan laitosta ajaa tehoa koko ajan hitaasti pienentäen, n. 3 viikon ajan.

Ins. Arvi Vaittinen on Loviisan voimalaitoksella työn- ja seisokkisuunnitteluinsinööri, p. 915-5501.

Latausseinon vaikuttavat monet tekijät. Se on suunniteltava ja toteutettava huolellisesti, koska

- turvallisuusvaatimukset on ylläpidettävä myös vuosihuollossa
- töiden lukumäärät ja myös työntekijämäärät ovat suuret
- on hallittava töiden suoritusajankohdan riippuvuus prosessista ja muista töistä
- valvotulla-alueella työskentely asettaa omat vaatimuksensa (kulku yhden pisteen kautta, ei saa tupakoida eikä syödä)
- suoritettujen töiden työn laatu oltava hyvä
- seisokkipäivät ovat kalliita voimayhtiölle, joten ne on minimoitava.

Revisiot voidaan jaotella seuraavasti:

- lyhyt vaihtolatausseinon (kesto n. 20 vrk)
- vaihtolataus ja reaktoripaineastian tarkastus (tehdään joka 4. vuosi, kesto n. 40 vrk)
- vaihtolataus ja reaktoripaineastian tarkastus sekä painekoe (tehdään joka 8. vuosi, kesto n. 50 vrk).

Aikaisemmin yleensä reaktorin vaihtolataustapahtuma on muodostanut latausseinon kriittisen polun. Nykyään seisokien keston kriittinen polku ei ole niin selvä, vaan muutkin päätyöt saattavat olla, tai lähestyä kriittistä polkua; siten lyhyiden latausseinon aikataulun hallinta on vaativaa.

Tunnusomaista ydinvoimalaitokselle on se, että kaikki työt tehdään työtilaus/työ-

määrinrutiinilla, joka on samalla hyvän aikasuunnittelun perusta.

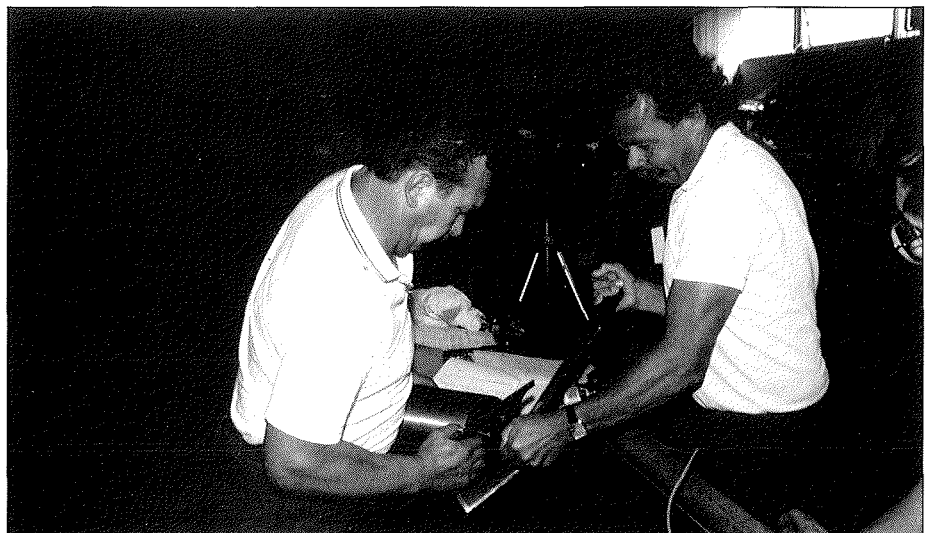
Kaikista korjaus- ja muutostöistä on laadittava suunnitteluaineisto, joka yleensä joudutaan hyväksyttämään viranomaisilla, samoin hankitut materiaalit ennen kuin työ voi alkaa.

Vuosihuolto käsittää seuraavat vaiheet:

1. Esisuunnittelu
2. Työnsuunnittelu ja aikataulutus
3. Ennakkovalmistelut
4. Toteutus (laitos alasajettuna)
5. Jälkiselvitys

Latausseinon suoritetaan polttoaineen vaihtoyhteisyyden lisäksi kaikki ne huoltotarkastus- ja korjaustyöt, joiden katsotaan varmistavan häiriöttömän käyttöjakson seuraavaan latausseinon asti. Näistä mainittakoon:

- reaktorityöt
- turpiinien ja generaattorien huoltotarkastus- ja korjaustyöt
- dieselien huoltotarkastus- ja korjaustyöt
- paineastioiden määräaikaistarkastukset
- ASME-tarkastukset
- varoventtiilien koestukset
- eristysventtiilien tiiveyskoestukset
- pumppujen huolto- ja korjaustyöt
- venttiilien ja toimilaitteiden huollot
- sähkökeskusten huollot
- instrumenttilaitteiden huollot
- prosessimuutosten teko
- putkistojen kunnonvalvontamittaukset ja -korjaukset
- prosessitietokoneen huolto jne. □



Useita työvaiheita harjoitellaan etukäteen. Kuvassa harjoitellaan höyrystimen syöttövesikollektorin korjausta.

# Loviisan vuosihuolto 1989

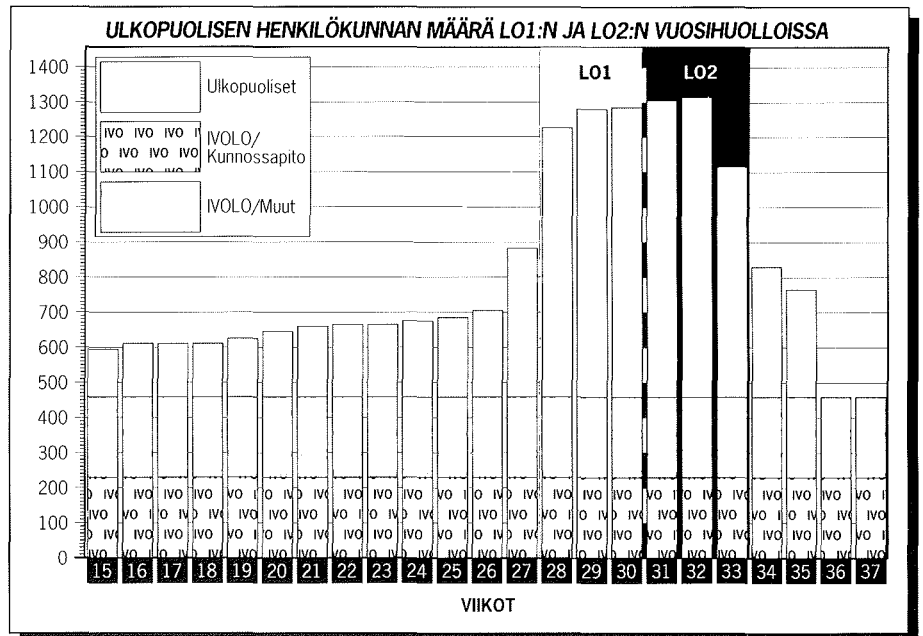
*Loviisan voimalaitoksen kummallakin yksiköllä oli vuonna 1989 ns. lyhyt vuosihuolto, jonka keston määrää periaatteessa reaktoripolttoaineen vaihto siihen liittyvine reaktorin avaus- ja kasaustöineen. Reaktorityössä viime vuosina saavutetut aikasäästöt sekä poikkeuksellisen suuri muutostöiden määrä vuoden 1989 vuosihuollossa johti selkeästi sellaiseen tilanteeseen, ettei reaktorityö muodostanut kriittistä polkua kummallakaan laitousyksiköllä.*

Loviisa 1:n vuosihuolto alkoi 8.7. Yksikön käyttöjakson aikaiseksi käyttökertomeksi vuosihuollosta 1988 (ylös- ja alasajo mukaan lukien) muodostui 99 %. Käyttöjakson aikana oli LO1:llä yksi kuuma seisokki ja kaksi reaktori- ja turpiinipikasulkua. Merkittävin tapahtuma LO1:n vuosihuollossa oli yhden höyrystimen syöttövesikollektorista löydetty eroosion aiheuttama reikä, jonka korjaus aiheutti noin 3 vrk:n viivästyksen vuosihuoltoon. Vuosihuolto kesti LO1:llä 24 vrk:ta.

Loviisa 2:lla tehtiin tavanomaisten lyhyeen vuosihuoltoon kuuluvien töiden lisäksi suuria perusparannustöitä, joista tärkeimmät olivat uuden varahätäsyöttövesijärjestelmän reaktorisuojarakennuksen sisäpuoliset putkistot, yhden syöttövesipumpun vaihto ja yhden merivesilauhduttimen lämmönvaihdinputkien uusinta. LO2 kytkettiin irti verkosta 29.7. Yksikön käyttöjakson aikainen käyttökerroin vuosihuollosta 1988 oli 99 %. Käyttöjakson aikana oli laitoksella yksi kylmäseisokki, yksi turpiini- ja reaktoripikasulku ylösajon aikana. Polttoaineen vaihtoon liittyvät työt testeineen tehtiin 14 vrk:ssa, joka mahdollistaisi 18 vrk:n pituisen vuosihuollon. LO2 vuosihuolto kesti 21,5 vrk:ta.

## Henkilöstö

Aikaisempien vuosien tapaan osallistui Loviisan ydinvoimalaitoksen vuosihuoltoon lähes tuhatpäinen ulkopuolisten yritysten henkilöiden joukko. Suurimmitaan ulkopuolisten henkilöiden määrä ylitti 900:n. Valtaosa ulkopuolisesta hen-



kilöstöstä on suomalaista ammattityövoimaa. Vuoden 1989 vuosihuoltoihin osallistui asiantuntijoita myös Saksan Liittotasavallasta, Hollannista, Ranskasta, Ruotsista, USA:sta ja Neuvostoliitosta.

## Suunnittelu

Vuoden 1989 vuosihuollon päätyöt karotoitettiin heti vuosihuollon 1988 päättyttyä, samoin aloitettiin myös esivalmistusten teettäminen.

LO1:n vuosihuolto alkoi 8.7.1989 ja sen pituudeksi tuli 23 vrk 22 h. Vaikka

LO1:n seisokki venyi noin 5 vuorokautta suunniteltua pidemmäksi, LO2 ajettiin alas vuosihuoltoon aikataulun mukaisesti. LO2:n seisokki kesti 21 vrk 10 h.

LOTI-järjestelmällä hoidettiin seisokin kaikki työmääräinrutiinit, varasto-, osto- ja laskunkäsittelytoiminnot sekä henkilöhallinta-asiat. Seisokin valvonta- ja ohjausryhmässä työskenteli 6 omaa ja 4 ulkopuolista henkilöä.

Suurin yksittäinen suunnittelutyö oli varahätäsyöttövesijärjestelmän putkistosuunnittelu.

Koosteen vuoden 1989 vuosihuollosta Loviisan voimalaitoksella ovat laatineet:

Kunnossapitopäällikkö, DI  
Suunnittelupäällikkö, ins.  
Säteilysuojelupäällikkö, FL  
Reaktori-insinööri, FM  
Sähkökunnossapitoinsinööri, ins.  
Instrumenttikunnossapitoins., ins.  
Konekunnossapitoinsinööri, ins.  
Rakennuskunnossapitoinsinööri, ins.  
Laadunvalvontainsinööri, ins.  
Työn- ja seisokkisuunn., ins.  
Tietokoneriikkeen päällikkö, DI

Arvo Vuorenmaa  
Erkki Kaminen  
Björn Wahlström  
Per-Erik Hägg  
Eino Metsämäki  
Reijo Vauhkonen  
Raimo Raitanen  
Olli Vanhanen  
Mauri Heltimoinen  
Arvi Vaittinen  
Markku Tiitinen

Heidän osoite on IVO. PI 23, 07901 Loviisa ja puhelinnumero 915-5501.

Vuoden 1989 vuosihuoltoon suunniteltiin 177 (LO1 ja LO2) korjaus- ja muutostyötä. Vuosihuollon aikana tehtiin vielä 60 (LO1 ja LO2) korjaussuunnitelmaa lähinnä paineastioiden tarkastuksissa havaittujen vikojen korjaamiseksi.

Perusparannussuunnittelu käytti vuosihuoltoa hyväkseen mitoittaen muutostyökohteita, joita ei käynnin aikana voitu suorittaa. Tällaisia muutostyökohteita olivat mm.

- turpiinilauhdutin
- alivirtausputken kosteuden erottimet
- korkeapaine-esilämmittimet

## LO 1 vuosihuolto

Tapahtuma	Suunnittelu	Toteutunut
Laitos irti verkosta	19d 1h	23d 22h
Ylitys		4d 21h
Alasajo	1d 15h	1d 23h
Revisiotyöt	14d 12h	16d 18h
Ylösajo	3d 7h	5d 5h
Työteho työ-määräimistä	124 kpl/d	108 kpl/d
Töitä alussa	2 164 kpl	2 205 kpl
Töitä lopussa	2 350 kpl	2 586 kpl
Erotus	186 kpl	381 kpl
Lataus + polttoaineen tiiveys-tarkastukset	4d 16h	4d 8h

## LO 2 vuosihuolto

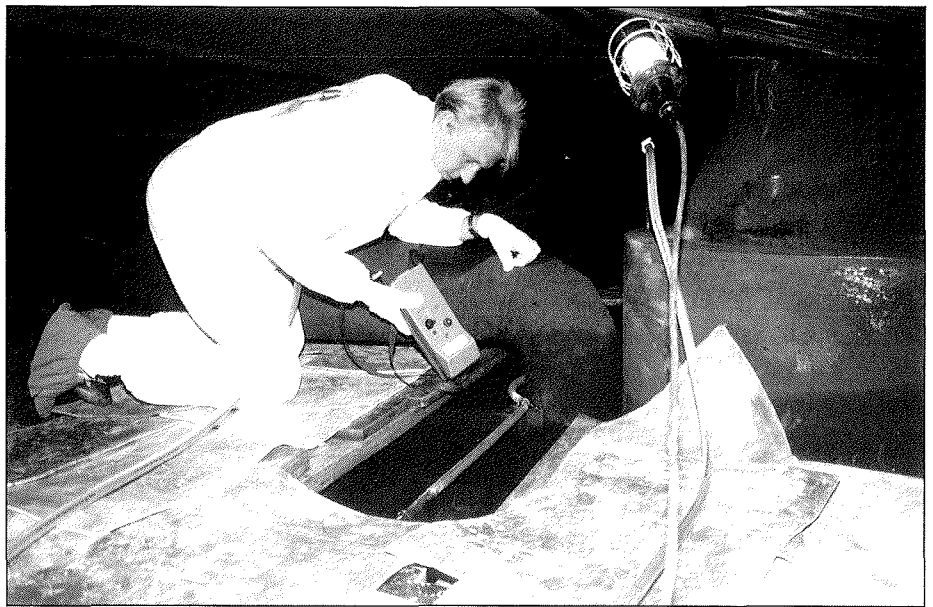
Laitos irti verkosta	19d 7h	21d 10h
Ylitys		2d 3h
Alasajo	1d 15h	2d 6h
Revisiotyöt	14d 12h	15d 4h
Ylösajo	2d 20h	4d
Työteho työ-määräimistä	115 kpl/d	112 kpl/d
Töitä alussa	2 290 kpl	2 081 kpl
Töitä lopussa	2 450 kpl	2 402 kpl
Erotus	160 kpl	321 kpl
Lataus + polttoaineen tiiveys-tarkastukset	4d 12h	4d 2h

## Säteilysuojelu

Molempien laitossyksiköiden säteilytasot olivat tänä vuonna kohonneet edellisen vuoden tasolta. Koska vuorossa kuitenkin olivat lyhyet rutiinirevisiot, eivät henkilökunnan säteilyannokset nousseet korkeiksi. Suurin henkilökohtainen annos oli 20,1 mSv ja kaikkien säteilylle altistuneiden henkilöiden keskimääräinen annos oli 2,7 mSv lakisääteisen annosrajan ollessa 50,0 mSv.

Kummallakin laitossyksiköllä oli ennen seisokkia tiedossa polttoainevuotoja. Riittävän pitkän reaktoriveden puhdistusjakson ansiosta ei reaktoria avattaessa kuitenkaan esiintynyt merkittäviä määriä radioaktiivista jodikaasua ilmassa. Kaikki vuotaneet polttoaineniiput poistettiin polttoainevaihdon yhteydessä.

Säteilysuojelun kannalta erityisen haasteellisia töitä olivat höyrytimien sisällä tehdyt tarkastus-, korjaus- ja puhdistus-



Säteilyvalvoja mittaamassa lyijytyksen tehokkuutta höyrytimessä.

työt. Höyrytimien sisällä annosnopeus oli välillä 2—20 mSv/h eri höyrytimissä ja höyrytimien eri osissa. Niin voimakkaassa säteilyssä ei voida työskennellä montakaan tuntia ennen kuin annosraja tulee vastaan. Ratkaisu löytyi lyijystä. Höyrytimien sisälle laitettiin ensin pitkitäin telinelankut, sitten poikittain vanerilevyt ja niiden päälle rakennettiin useita tonneja painava ”lyijyparketti”. Lyijylevyjen päällä annosnopeus oli enää 0,2—0,5 mSv/h, mikä vastasi höyrytimien ulkopuolella ollutta säteilytasoa.

Höyrytintöistä aiheutui yleensä n. 30 man-mSv suuruinen kollektiivinen annos höyrytintä kohden (kollektiivinen annos = kaikkien osallistuneiden henkilöiden annokset yhteenlaskettuina).

Muita säteilysuojelun kannalta tärkeitä töitä olivat reaktorin purku ja kokoaminen (n. 50 man-mSv), varahätäsyöttövesilinjan asennus LO2:lle (60 man-mSv), materiaalitarkastukset yhteensä 304 man-mSv ja höyrystintilan loppusiivoukset (LO1:llä 37 man-mSv, LO2:lla 68 man-mSv).

LO1:n vuosihuollon kokonaiskollektiivinen annos oli 704 man-mSv. LO2:n kollektiivinen annos oli 971 man-mSv. Nämä arvot vastaavat edellisten vuosien tasoa ja ovat kansainvälisessä vertailussa erittäin hyviä.

## Polttoaine

Koska molemmilla laitoksilla oli normaali vuosihuolto, tehtiin reaktoreiden vaihtolatauksetkin normaalilla periaatteella, sillä poikkeuksella, että LO1:llä vaihdettiin myös kaikki 37 absorbaattoria.

Ennen vaihtolatausta tehtiin reaktorisydämille tiiveystarkastus, koska tiedettiin, että molemmissa reaktoreissa on vuotavia polttoaineniippuja. LO1:n reaktorista löydettiin kaksi vuotavaa polttoaineniippua,

jotka kumpikin kuuluivat poistettavaan erään. LO2:n reaktorista löydettiin niinkään kaksi vuotavaa niippua. Näistä toinen kuului reaktoriin jäävään erään, joten se korvattiin palamaltaan lähinnä vastaavalla niipulla. Polttoainesierrojen lukumäärä LO1:llä oli 514 ja aikaa niiden tekemiseen kului n. 70 tuntia. LO2:n siirtojen lukumäärä oli 476 ja vaihtolatauksen kesto n. 58 tuntia.

Vaihtolatauksen yhteydessä tehtiin LO2:lla myös polttoaineniippujen ja -sauvojen pitenemämittauksia kahdeksalla etukäteen valitulle niipulle. Nämä mittaukset kuuluivat tutkimusohjelmaan, jonka tarkoituksena on saada lisätietoja polttoaineen käyttäytymisestä reaktorissa.

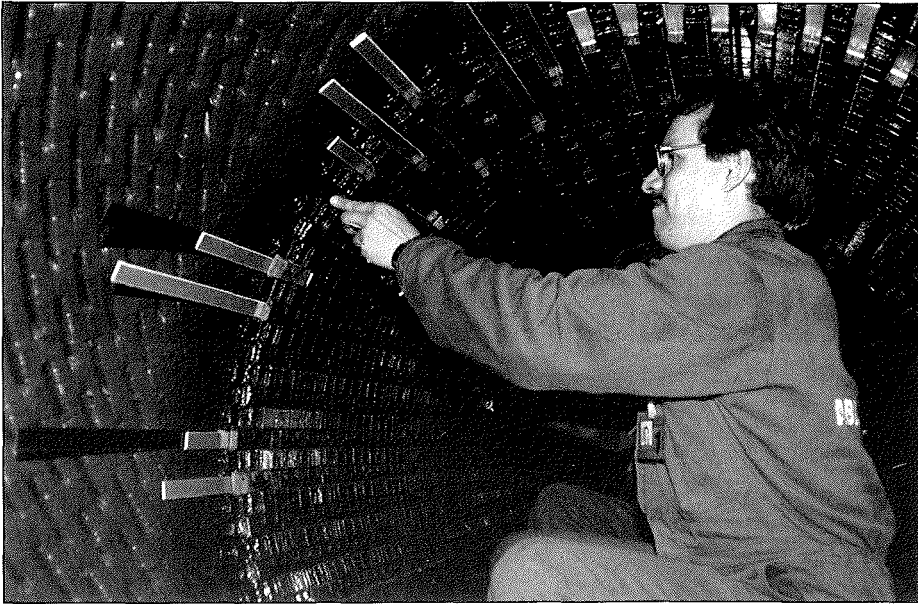
LO1:n reaktori ladattiin 13. ja LO2:n 10. käyttöjaksosa varten. LO1:n reaktorin lataus on suunniteltu 324:n ja LO2:n 323:n täystehovuorokauden pituiseksi palamajaksoksi. Venytysajoa hyväksikäyttäen palamisjaksot voidaan tarvittaessa pidentää jonkin verran.

## Kunnossapitotyöt

### Sähkökunnossapito

Neljästä käytössä olevasta päämuuntajasta á 250 MVA vaihdettiin ensimmäinen. Käyttöön asennettiin vastaava varalaitteenä ollut muuntaja. Varamuuntajan käyttöönottoa edelsi huolelliset mittaukset, joilla varmistettiin muuntajan toimivuus. Yksi 400 kV läpivientieristin jouduttiin vaihtamaan, koska eristimen häviöt olivat kasvaneet yli sallitun.

LO2:n vuosihuollon aikana tehtiin päägeneraattorille laaja tarkastus ja huolto. Roottorin ja staattorin tarkastamiseksi roottori otettiin ulos generaattorista. Roottorin liukurenkaat ja magnetointikäämin erikoisliittimet tarkastettiin. Jäähdytyskanavien läpäisykyky mitattiin ja roottorin kapat ultraäänellä tarkastettiin.



*Staattorin kiilauksen kiristys.*

Venttiilitoimilaitteita huollettiin ja toimintatarkastettiin yhteensä n. 600 kpl. Toimintatarkastuksessa tarkastetaan toimilaitteen parametrien säilyminen, tehdään visuaalinen tarkastus ja koekäyttö. Huoltoon kuuluu lisäksi moottorin toiminnan tarkastus, mekaanisten osien tarkastus sekä voiteluaineen vaihto. Toimilaitteiden heikkokuntoisia liitoskaapeleita uusittiin monissa kohteissa.

#### **Konekunnossapito**

Vuosihuollon pituudesta riippumatta on n. 300 asentajan ulkopuolinen konekunnossapitohenkilöstö osoittautunut sopivaksi. Työtä tehtiin kiivaaseen tahtiin koko rintamalla, koska vuorossa olivat ns. lyhyet vuosihuollot molemmilla laitoksyksiköillä.

Reaktoriytöt sujuivat molemmilla laitossyksiköillä jo edellisistä vuosista tunnetulla rutiinilla ja asetettujen aikataulutavoitteiden mukaisesti. Reaktoriytöt eivät ole enää useampaan vuoteen muodostuneet kriittisiksi vuosihuoltojen kokonaisuuden kannalta eikä näin käynyt tänäkään vuonna. Ilman muiden töiden aiheuttamia viiveitä olisi reaktoriytön pituudeksi muodostunut n. 14 vrk.

Sekundääripiirissä LO1:llä että LO2:lla toteutettiin varsin laajoja korjaus- ja muutostöitä huomioiden lyhyiden vuosihuoltojen sallima suoritus aika.

#### **Instrumenttikunnossapito**

Henkilövahvuus oli tänäkin vuonna aikaisempien vuosien tasolla ollen yhteensä 80 henkilöä, joista IVO:n ulkopuolisia instrumenttia asentajia oli puolet. Päätehtävinä latausseisokeissa oli perinteisten huolto-, tarkastus- ja korjaustöiden lisäksi lukuisat turvallisuutta ja käytettävyyttä parantavat muutostyöt. Työkohteita oli yhteensä vähän yli 1000 kpl.

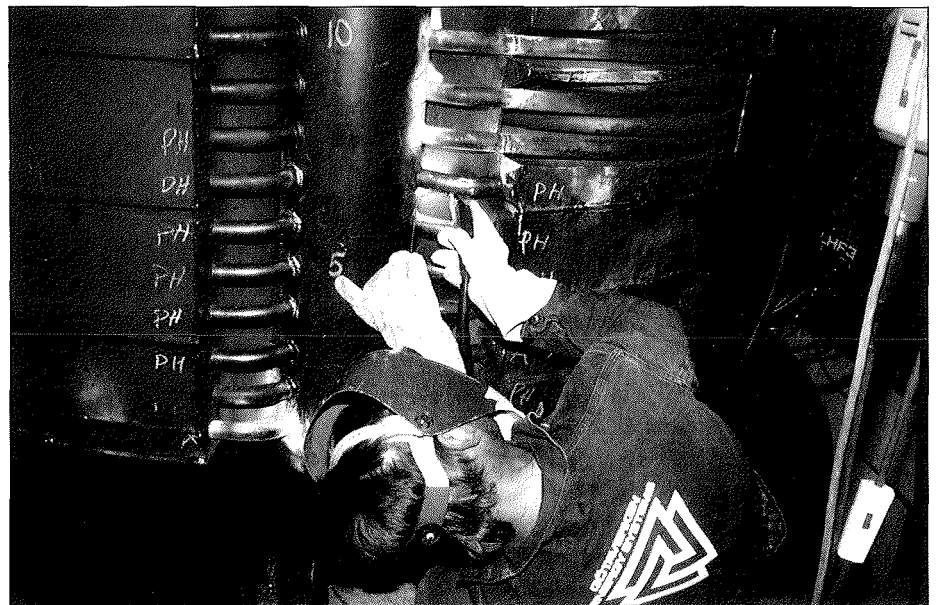
Ennakkohuolto-ohjelmien mukaisesti tarkastettiin ja koestettiin turvajärjestelmät, pääsäädot sekä tärkeimmät ohjaus-, suojaus- ja valvontajärjestelmät. Lisäksi

tarkastettiin ja kalibroitiin tarkastusvuorossa olevat mittaus- ja säätöpiirit sekä huollettiin hienomekaanisia laitteita kuten piirtureita ja analyysointilaitteita. Tarkastusten osuus oli n. 12 000 mth.

Käytettävyyttä ja turvallisuutta parantavia muutostöitä tehtiin yhteensä noin 40 järjestelmään. Muutostöiden asennustarkastukset suoritti IVO-SERVICE viiden tarkastajan voimin. Lopullisen laadunvalvonnan ja hyväksynnän suorittivat IVO:n sähkö- ja instrumenttipuolen QC-insinööri ja STUK:n tarkastaja. Muutostöistä kertyi noin 10 000 mth.

#### **Rakennuskunnossapito**

Vuosihuoltojen aikana rakennuskunnossapidon tekemä työmäärä oli n. 80 000 mth. Tehtäväkenttään kuuluivat mm. siivous-, dekontaminointi-, teline-, nosto- ja aputyöt. Näiden lisäksi kuljetukset, eristys sekä palontorjunta kuuluvat rakennuskunnossapidon vastuualueeseen. Tässä vuosihuollossa tehtiin lisäksi molemmilla laitoksilla jäälauhduttimien jäänlataus ja höyrytimien sekundääri



*RD52W001 korkeapaine-esilämmittimen korjaushitsaus.*



*Höyrytimen suojataskun tukkeutuneen puhallusputken avausta.*

puolen imurointi. LO1:llä jäälauhduttimien lisättiin 17 tn ja LO2:lla 20 tn jäätä.

LO1:llä imuroitiin kahden höyrystimen sekundääripuoli sinne kertyneestä magneettiasta. LO2:lla imuroitiin vastaavasti yksi höyrystin. LO2:n höyrystimissä oli magnetiitin määrä huomattavasti pienempi.

## Laadunvalvonta

Laadunvalvontayhtiöiden tarkastajat tekivät vuosihuoltojen aikana erilaisia määräaika-, kunnonvalvonta- ja korjaustöiden tarkastuksia yhteensä n. 24 000 mth.

- Molempien yksiköiden vuosihuolloissa tehtiin vuosiohjelmien mukaiset ASME XI-määräaikaistarkastukset ja paineastioiden tarkastukset sekä sekundääripuolen putkistojen kunnonseurantatarkastuksia.
- ASME XI-tarkastuksiin kuuluva primääriputkiston ultraäänitarkastus tehtiin ensi kertaa pääosin manipulaattorin avulla. Tarkastukset teki hollantilainen RTD käyttäen P-scan tarkastuslaitteistoa. Työssä oli mukana myös Polartestin tarkastajia.
- Höyrystimen lämmönvaihdinputkien pyörrevirtatarkastukset tehtiin Siemens (KWU)/IVO välisenä yhteistyönä. Siemens vastaa tarkastustekniikasta ja IVO manipulaattorin käsittelystä.

— Uutena tarkastuskohteena oli höyrystimen sisällä oleva syöttöveden jakotuki jonka T-liitoksen kuntoa haluttiin selvittää. Paksuusmittauksia varten tilattiin RTD:ltä apulaite, jolla onnistuttiin selvittämään vaikeassa paikassa olevan jakotukin kunto.

LO1 laitoksen yhden höyrystimen jakotukissa oli eroosion syövyttämiä reikiä, jotka jouduttiin korjaamaan. Muiden höyrystimien tukeissa oli erasteista ohenemaa. Jakotukien tulevia korjauksia varten selvitettiin niiden kuntoa myös tv-tarkastuksilla.

- LO2:n merivesilauhduttimien uusiminen aloitettiin putkittamalla SD12. Muille lauhduttimille tehtiin jäljellä olevan käyttöajan varmentamiseksi pyörrevirtatarkastuksia. Tarkastukset teki IVO-Service.

## Perusparannukset

### LO1 Turpiini nro 2:n välioton kosteuden erotin

Turpiini nro 2:lle asennettiin kaksi ranskalaista suurnopeuskosteuden erotinta. Asennustyö oli vaativa, koska asennus tehtiin ahtaassa tilassa korkeapainepesän alla. Työ onnistui kuitenkin hyvin ja laite on otettu vuosihuollon jälkeen käyttöön. Kosteuden erotin erottaa höyrystä veden ja näin vältetään eroosiosta johtuva kuluminen välitulistimissa, kp-esilämmittimissä ja niihin liittyvissä putkistoissa. Kosteuden erottimen hyötysuhdemittaukset suoritetaan syksyn kuluessa.

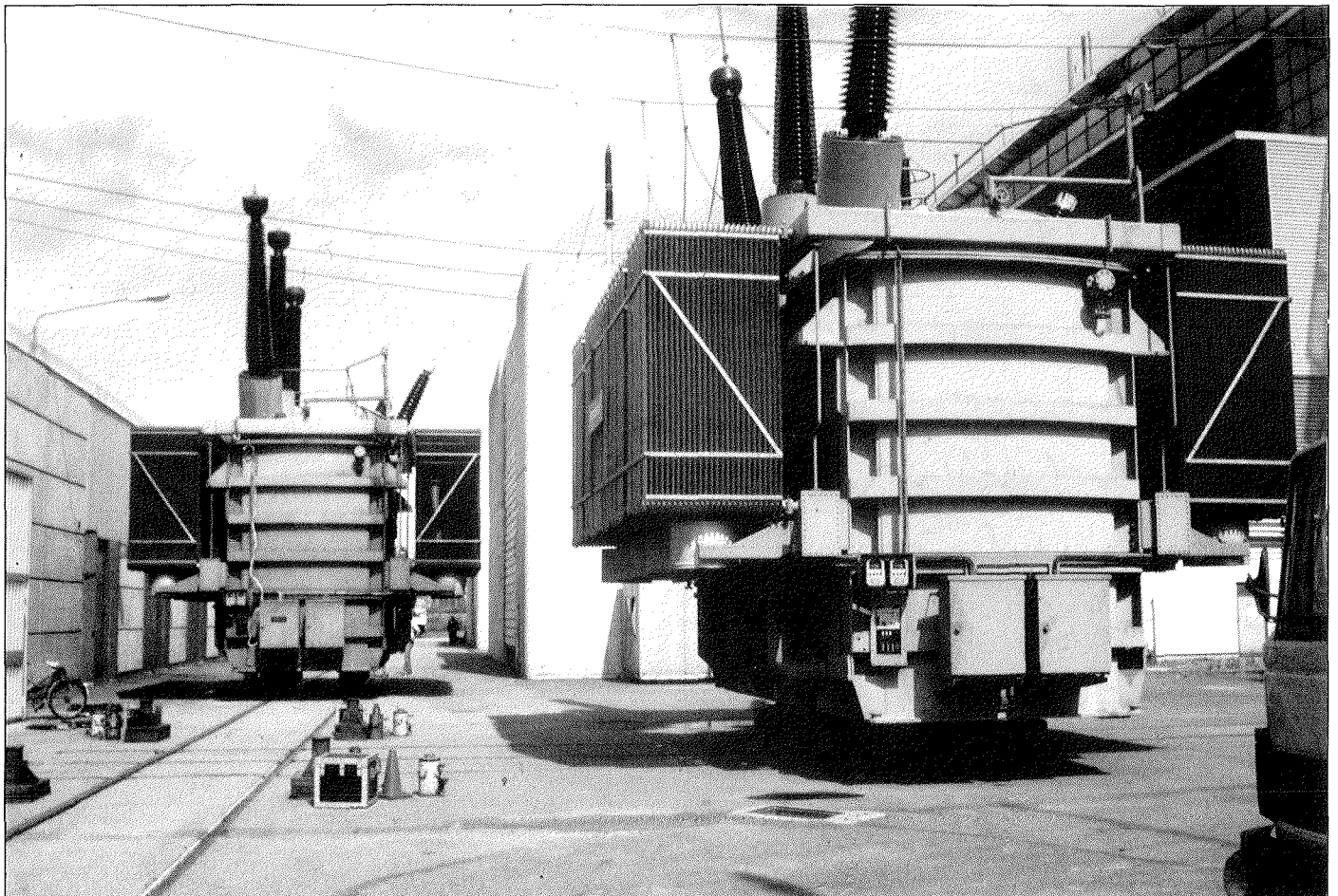
### LO2 Merivesilauhduttimien lämmönvaihdinputkien uusinta (SD12)

Turpiini nro 3 toinen lauhdutin putkettiin uudelleen SMO 254 ruostumattomilla tuubiputkilla. Työ käsitti 10400 CuNi-tuubin poiston ja yhtä monen uuden ruostumattoman tuubin asennuksen niiden tilalle. Vaihtotyön teki ulkopuolinen yhtiö urakkatyönä. Hitsaustyössä esiintyi kosteudesta johtuvia vaikeuksia, jotka hidastivat työtä. Näistä vaikeuksista huolimatta urakoitsija ehti hyvin suorittaa tämän vaativan suururakan sovitun aikataulun puitteissa.

### Varahätäsyöttövesijärjestelmän putkistoasennukset

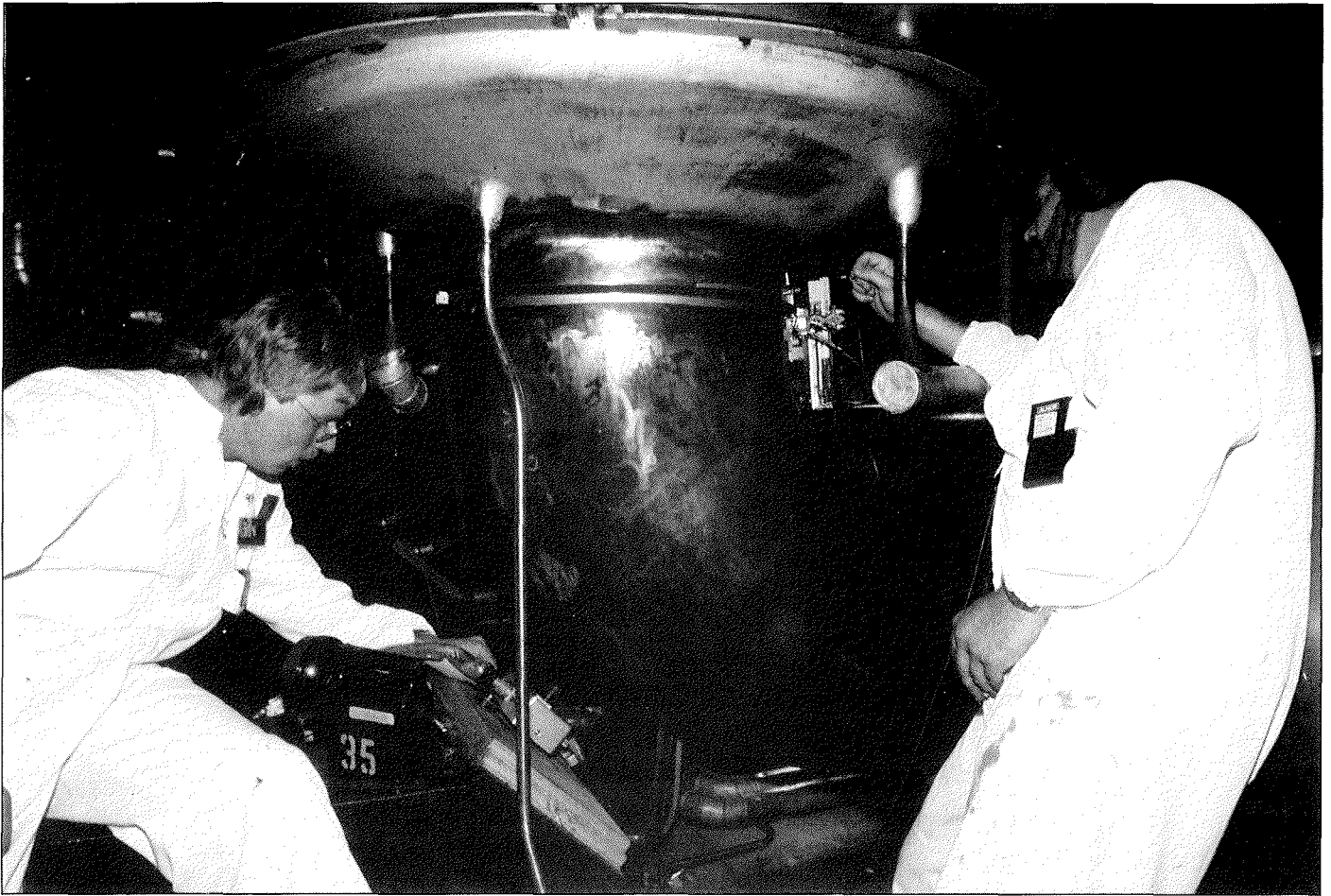
Loviisan molempia laitossyksiköitä palvelevien varahätäsyöttövesijärjestelmien (RL94 ja RL97) asennustyöt saatiin vuoden 89 vuosihuolloissa koekäytön edellyttämään valmiuteen ja suoritettiin niillä syöttöveden pumppauskoekäytön höyrystimiin. Ennen järjestelmien käyttöönottoa, vuoden 89 loppuun mennessä, tehtiin vielä joukko viimeistelytyötä.

Kyseiset RL-järjestelmät käsittävät kaksi dieselkäyttöistä pumppua apujärjestelmien sijoitettuna niille rakennettuun erilliseen pumppaamorakennukseen, putkistot pumppaamosta kumpaankin reaktorirakennukseen, syöttöveden jakotukit ja putkilinjat siitä neljään höyrystimeen sekä tarvittavan prosessiautomaation ja -sähköistyksen.



Neljästä käytössä olevasta päämuuntajasta vaihdettiin yksi, jonka tilalle asennettiin varalaitteena ollut muuntaja.





RTD suoritti primääriputkiston tarkastuksia P-scan laitteistolla.

Rakennustyöt, prosessiasennukset pumppaamossa ja putkilinjojen asennukset pumppaamolta reaktorirakennuksiin oli tehty ennen revisioita. LO1:llä oli suojarakennuksen sisäpuolinen putkisto asennettu jo vuoden 1988 vuosihuollossa. Muutkin asennukset valmisteltiin ennen revisiota mahdollisimman pitkälle.

#### Toimilaitteet

Kiristyvien olosuhdekestoisuusvaatimusten takia on jatkettu venttiilitoimilaitteiden

uusintaa. Uusittavat laitteet sijaitsevat pääasiassa suojarakennuksen sisäpuolella, jossa laitteiden on kestävä onnettomuusolosuhteet vielä useiden kymmenien käyttövuosien jälkeenkin.

Toimilaitteiden hankintaa ovat edeltäneet huolelliset mitoitussuunnittelut ja koe-työt, jotka varmistavat venttiili - toimilaitteyhdistelmän toiminnan poikkeuksellisissäkin olosuhteissa. Toimilaitteita uusittiin yhteensä 20 kpl.

#### Uusi prosessitietokone (ptk) otettu käyttöön LO1:llä ja asennettu LO2:lle.

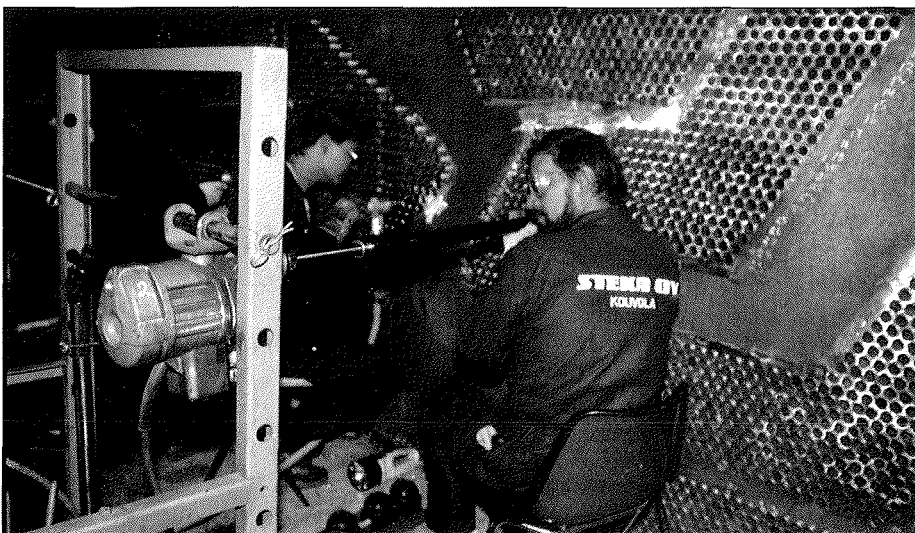
Kesällä 1988 ja vuosihuollossa 1988 LO1:lle asennettiin uusi ptk:n laitteisto tietokonehuoneeseen, näppäimistö pulpettiin ja prosessimittaukset rinnankuuntelulle vanhan tietokoneen kanssa. Tietokoneen ohjelmisto testattiin toimittajan tehtaalla syksyllä ja voimalaitoksella keväällä. Toukokuusta lähtien laitosta valvottiin uuden ptk:n kautta. Vanha laitteisto oli kuitenkin paikallaan varalla vuosihuoltoon 1989 saakka.

Ohjelmistoon lisättiin vuosihuollon aikana uusia piirteitä sekä kytkettiin ja testattiin noin 600 uutta mittausta. Lisätyt piirteitä olivat mm:

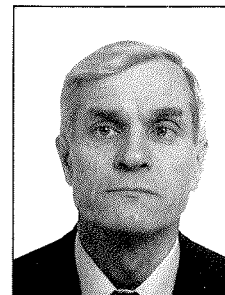
- automaattikka- ja logiikkanäytöt
- näytön suurentaminen ja ikkunointi
- historiatietojen arkistointi magneettinauhalle.

Käyttökokemukset uudesta tietokoneesta olivat hyviä ja vanha ptk voitiin purkaa ja poistaa vuosihuollossa ja sen jälkeisellä viikolla. Näin LO1:llä oli saatu onnistuneesti päätökseen kansainvälisestäkin poikkeuksellisen mittava tietokoneuusinta.

LO2:lle asennettiin tässä vuosihuollossa vastaavat tietokonelaitteet ja valvontalaitteet kuin LO1:lle vuosi sitten. □



Uudet lämmönvaihtoputket valssattiin ennen hitsausta.

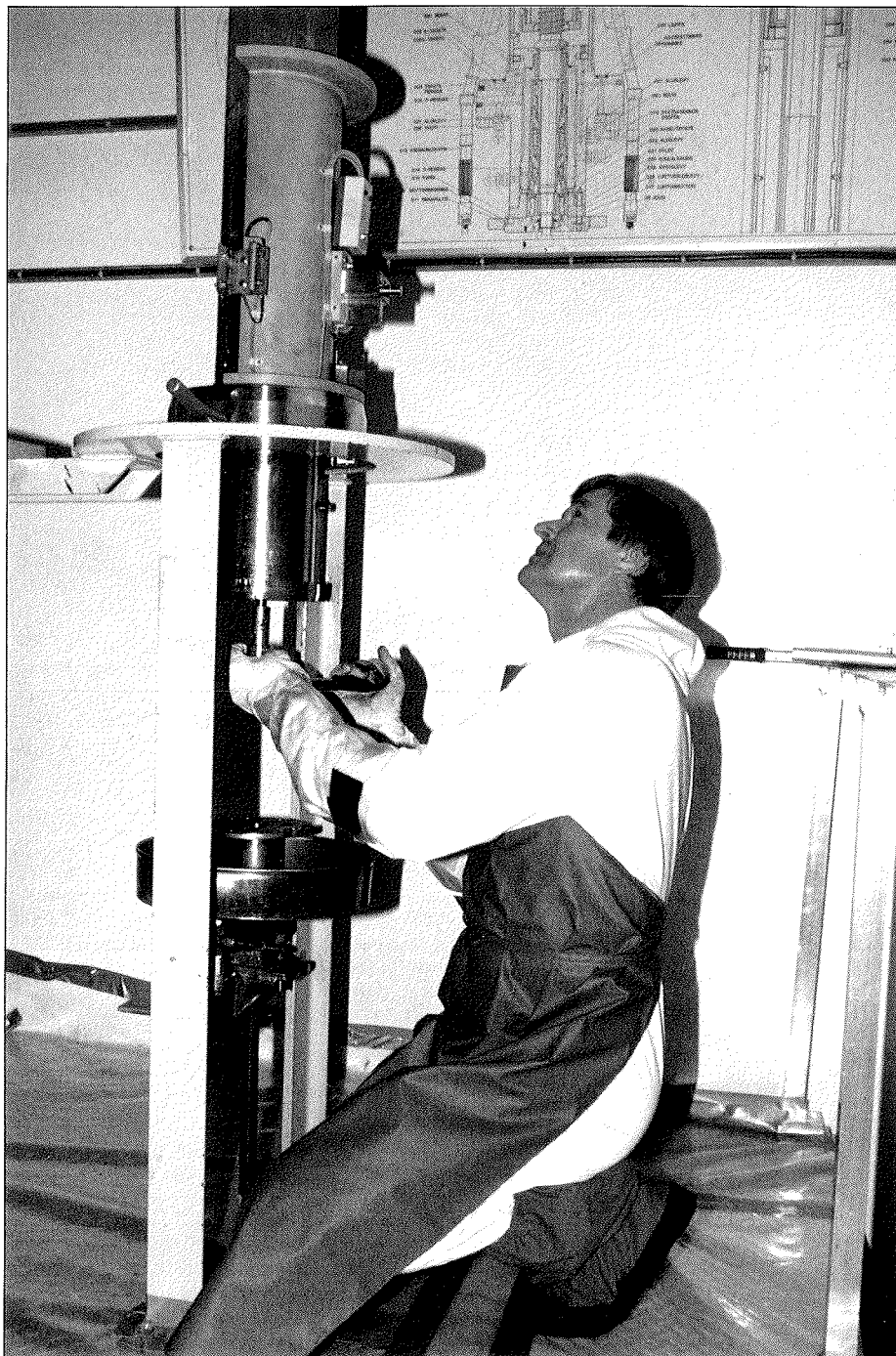


## Impurities in Control Rod Drive Mechanisms

*On the 7th of September 1989 the unit TVO I (710 MW ABB-Atom BWR) was to be disconnected from the grid due to moisture alarms from the generator. During the power descension the so called A-isolation was tripped manually. This causes the main steam isolation valves to close and the reactor to trip. During the scram the control rod system acted normally. After the scram the reactor was started up to hot standby. During the start up, some of the 121 control rods were found to have difficulties to leave the fully inserted position in the core. After repeated attempts all but one rod were withdrawn.*

To investigate the problem the power demand of electric motors of the control rod drives was measured. The required power was within normal limits along the whole rod travel. Also the rod insertion times registered in scram tests were normal. However, in a few cases difficulties were again encountered when moving a rod out from the fully inserted position.

The investigations were continued by opening a few control rod drive mechanisms. Granular powder of 0,1 to 0,5 mm particle diameter was found in all inspected drive mechanisms. Most of the powder was found in the crud pocket located around the joint where the control rod lower end connects to the



*Lower end of a control rod drive mechanism.*

DI Ahti Toivola on Teollisuuden Voima Oy:n turvallisuustoimiston päällikkö, p. 938-3811.

drive mechanism piston tube upper end. Smaller amount of particles with max. 0,1 mm diameter was found inside the drive mechanism. It was assumed that these particles stuck between the piston

tube and its graphite bearing were able to prevent the movement of the rod out of the core. The outward movement of the rod takes place by the rod's own weight (150 kg) whereas during the insertion by

the screw mechanism a 1000 kg force and by the hydraulic scum action a force of 1200 kg is available.

The chemical analysis of the granules has shown it to be metal powder used in stainless steel blasting. The nuclide analysis indicates that the powder has been in neutron irradiation under a short period of time during the last months.

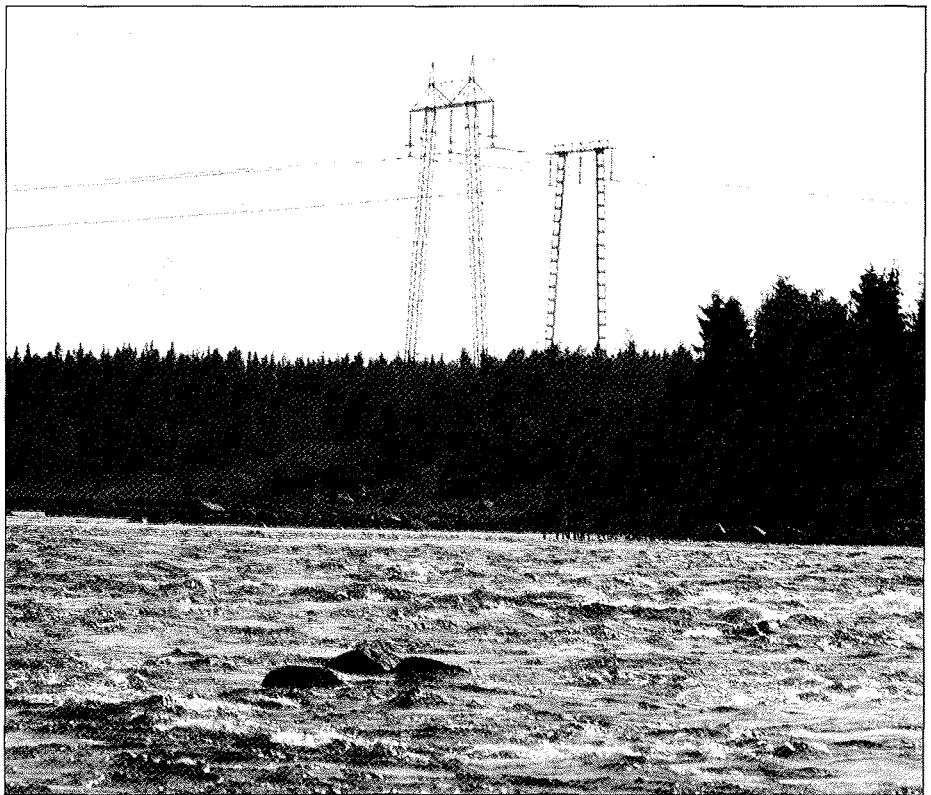
TVO I had a refuelling outage ending on the 3rd of June. This coincides with the age of activity of the powder. During the outage, however, sand blasting has not been carried out in the systems connected with the reactor and the sands used in blastings in the turbine plant are of a different chemical composition.

A complete cleanup work of the reactor and the control rod drive mechanisms has been carried out. Fuel was removed from the core. The core support structure and the control rod guide tubes were suction cleaned. Each of the 121 control rod drive mechanisms were opened and cleaned and the worn out graphite bearings were replaced. A few liters of metal powder was recovered from reactor internals and control rod drives.

Numerous checks were made in reactor auxiliary system to locate the possible deposits of impurities. About 0,2 litres of metal powder was found in the shut down cooling system of the reactor. Traces of powder were also found in those parts of the reactor feed water lines which are in connection with the shut down cooling system. Detected impurities have been removed and the system parts flushed to drive out the remaining particles.

The origin of the metal powder is unknown. The location of impurities suggests that the powder has come into the shut down cooling system during the outage and has been flushed to the reactor with the start of the shut down cooling pumps. Sections of shut down cooling system pipes were renewed in the outage.

The cleanup work took 34 days to accomplish after which the fuel was loaded back to the reactor. A test program carried out during the start up included cold and hot scram tests as well as measurements of power demand of the control rod drive electric motors. Also the tightness and closing times of important isolation valves were measured. The unit was connected back to the grid on 22nd October after a total downtime of 44 days. The outage costs, not including the lost production was 24 million finnmaks (5,6 mill. US\$) of which the cost for the cleanup work amounted to 12 million finnmaks. □



## ENERGIA JA YMPÄRISTÖ-ESITELMÄSARJA

Suomen Rakennusinsinöörien Liiton vesi- ja ympäristötekniikan jaosto sekä Teknillisen korkeakoulun yhdyskuntatekniikan laitos järjestävät energian ja ympäristön suhdetta käsittelevän esitelmäsarjan Teknillisessä korkeakoulussa. Sarjassa pohditaan energian ja ympäristön suhdetta yleensä, ydinvoimaa, konventionaalista lämpövoimaa, vesivoimaa sekä erikoiskysymyksenä happamoitumista.

Esitelmäsarja on tarkoitettu energian tai ympäristön parissa työskenteleville, opiskelijoille sekä kaikille muille asiasta kiinnostuneille.

Esitelmät pidetään Teknillisen korkeakoulun **rakennustekniikan talossa** Rakentajanaukio 4, Otaniemi (entinen rakennusinsinööriosasto).

Esitelmäsarja alkaa tänä syksynä ja jatkuu ensi kevätkauden aikana.

Ensimmäisen esitelmän 14.11.1989 pitää ympäristönsuojeluosaston johtaja Heikki Niininen Imatran Voima Oy:stä. Se on luonteeltaan yleisesitelmä ja johdanto tähän erittäin ajankohtaiseen aiheeseen.

Esitelmäsarjan koko ohjelma on seuraava:

- |            |  |
|------------|--|
| 14.11.1989 | Energia ja ympäristö, yleisesitelmä<br>Heikki Niininen, IVO            |
| 12.12.1989 | Lämpövoima ja ympäristö<br>Alec Estlander, EKONO                       |
| 6. 2.1990  | Ydinvoima ja ympäristö<br>Ami Rastas, TVO                              |
| 3. 4.1990  | Vesivoima ja ympäristö<br>Kari Kinnunen, Lapin vesi- ja ympäristöpiiri |
| 15. 5.1990 | Happamoituminen<br>Pekka Kauppi, ympäristöministeriö, HAPRO-projekti   |

**Esitelmät alkavat klo 17.00** ja kestävät noin tunnin. Niiden jälkeen on tilaisuus keskustella aiheesta.

Tilaisuuksiin on vapaa pääsy.



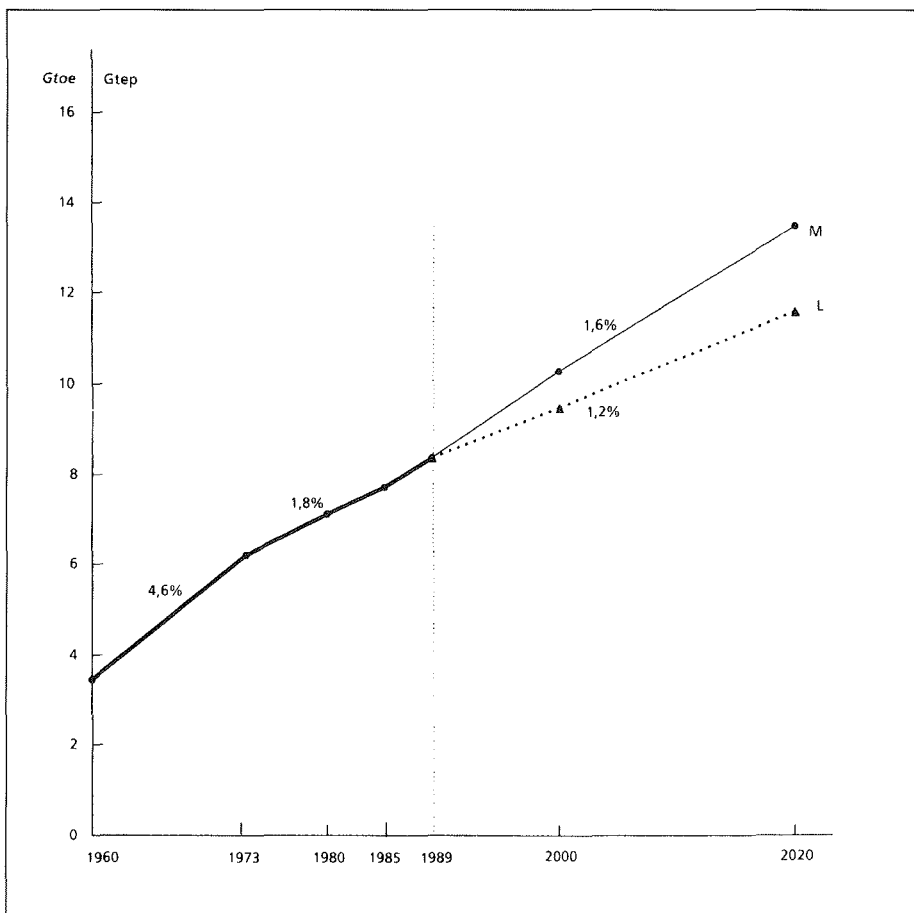
## WEC: Ydinvoima nousee jälleen

**Energia ja ympäristö oli Montrealissa syyskuussa pidetyn 14. Maailman Energiakongressin läpitunkeva aihe. Kasvihuoneilmiö ja happamoituminen puhuttivat. Ydinenergia oli selvästi nousemassa uudelleen jaloilleen, otettuaan lukua Tshernobylissä tapahtuneen lattiaanlyönnin jälkeen. Keskeiseksi ongelmaksi kohosivat myös institutionaaliset kysymykset: yleinen hyväksyminen, päätöksentekoprosessit ja kansainvälinen yhteistyö. Teknologia sen sijaan kyllä hoitaisi kehityksen, ainakin pitemmällä aikavälillä. Yleisesti ottaen kongressin ilmapäiiri oli kaikista vaikeuksista huolimatta kehitysoptimistinen.**

WEC:n Montrealin kongressin teema oli Energy for Tomorrow — Energiaa huomispäivää varten. Kongressiin osallistui n. 3500 kongressiedustajaa sekä seuralaisia ja näyttelyhenkilökuntaa niin, että kokonaishenkilömäärä oli noin 5000. Suomalaisia osallistujia oli 98, seuralaisia 60 ja näyttelyhenkilökuntaa 22. Osallistujiin kuului kahdeksan toimittajan lehdistöryhmä. Kaikkiaan kongressissa oli 420 toimittajaa 33:sta maasta. Kongressin yhteydessä järjestettyyn näyttelyyn osallistui kaikkiaan 158 yritystä 17:stä maasta. Suomen näyttelyosasto käsitti Ulkomaankauppaliiton järjestelyin 10 yritystä.

Yleisvaikutelmaksi energiaolympialaisista jäi yleinen tyytyväisyys niin kongressiedustajien, näytteilleasettajien kuin tiedotusvälineiden edustajienkin osalta. Kiitokset kanadalaisille — he selvisivät hyvin.

Varatuomari Juhani Santaholma on Perusvoima Oy:n varatoimitusjohtaja, p. 90-694 4811.



Maailman primaarienergian kulutus. Keskimääräinen taloudellinen kasvu vuodessa:

	1985	2000	2020
Medium (M)	3,0	3,2	2,8
Low (L)	3,0	2,4	1,8

Lähde: WEC Global Energy Perspectives, Montreal 1989.

### Itse energia-asiasta

WEC:n uuden selvityksen, Global Energy Perspectives 2000—2020 skenaarioiden mukaan **globaalinen energiantarve** näyttää nousevan 50—75 % nykyistä suuremmaksi vuoteen 2020 mennessä.

**Energian kulutus henkeä kohden** näyttää kuitenkin pysyvän ennallaan, näin ollen energiantarve on oleellisesti yhteydessä maailman väestöräjähdykseen.

Kongressi ei pitänyt näköpiirissä olevassa tulevaisuudessa energiavarojen riittävyyttä läheskään niin suurena ongelmana kuin aikaisemmin:

**Öljy** jatkaa hallitsevana energialähteenä. Hinnan osalta odotetaan tasaista ja vain lievästi nousevaa hintakehitystä.

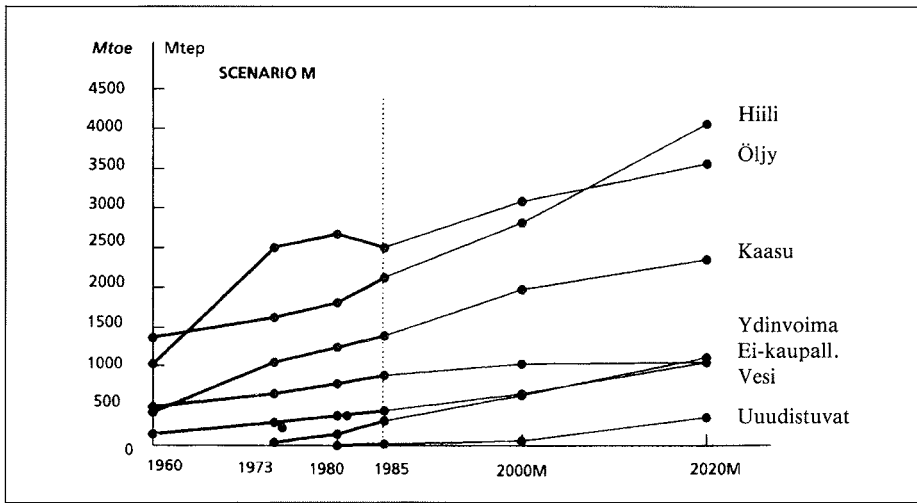
**Maakaasuvarojen** osalta ei ongelmaa; pullonkauloiksi muodostuvat lähinnä siirto- ja kuljetusjärjestelmät.

**Uraanivarat** riittävät hyvin näkyvissä oleviin ydinvoimalaohjelmiin.

**Kivihiili** ei kohtaa riittävyysongelmia. Vaikeuksia odotetaan sen sijaan kuljetusten ja niiden kustannusten osalta — sekä ympäristövaikutusten hallitsemisessa.

**Uudet ja uusiutuvat energiavarat**, aurinkoenergia mukaanluettuna, voivat vastata vain hyvin rajoitetusti energiantarpeen täyttämistä keskipitkällä aikavälillä.

**Ei kaupallisten energiamuotojen**, kuten polttopuun ja karjanlannan tarve köyhissä kehitysmaissa aiheuttaa jatkuvia ongelmia ympäristölle.



Eri energialähteiden kulutus maailmassa. Lähde: WEC Global Energy Perspectives, Montreal 1989.

gian aikana ei kansalaisten eikä aina teollisuudenkaan asenne säästötoimille ole kuitenkaan erityisen myönteinen. Suomen teollisuus kuitenkin totesi hoitaneensa tällä alalla leiviskänsä hyvin. Kuitenkin kongressi varoitteli hallituksia ryhtymästä rajuihin ohjaustoimiin: energiaeksperttien mielestä markkinavoimat, lisättyinä hallitusten lempeillä täydentävillä toimilla, huolehtivat parhaiten ohjautumisesta energian tehokkaampaan käyttöön ja muutoinkin järkevään energia-politiikkaan.

### Seuraava kongressi

WEC:n 15. energiakongressi järjestetään syyskuussa 1992 Madridissa; Espanjassahan ovat sinä vuonna varsinaisetkin olympialaiset. □



Suomi oli näyttävästi esillä kongressin yhteydessä järjestetyssä näyttelyssä Ulkomaankauppaliiton johdolla. Suomen 300 m<sup>2</sup> osasto oli näyttelyn suurimpia.

**Sähköenergian** käytön odotetaan edelleen jatkavan voimakasta kasvuaan, erityisesti teollistuneissa maissa. Myös muiden sekundäärienergiamuotojen, kuten esim. kaasutetun hiilen ja öljytuotteiden käytön oletetaan myös voimakkaasti kasvavan. Näin etenkin siinä vaiheessa, kun halvat primäärienergiälähteet alkavat ehtyä ja hinnat nousta tai kun niiden käyttö kohtaa kasvavia ympäristörajoituksia.

**Ydinvoimalle** vaadittiin lukuisissa esityksissä ja myös kongressin loppupäätelmissä oleellisesti kasvavaa roolia sähköntuo-

tannossa — ja näin nimenomaan ympäristöllisistä näkökohdista. WEC:n selvitelyissä suhtauduttiin kuitenkin aikaisempaa huomattavasti varovaisemmin ydinvoiman kasvumahdollisuuksiin. Niinpä medium — kasvuskenaariossa sen osuuden globaalissa energiataseessa arvioidaan nousevan nykyisestä 5 %:sta vain 7—8 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Tämä johtuu institutionaalisista ongelmista ja kustannuskysymyksistä.

Energian säästön todettiin olevan ”suurin yksittäinen energialähde”. Halvan ener-

# Uraani halkesi Heurekassa



*ATS järjesti "Uraani Halkeaa" teemaviikon tiedekeskus Heurekassa yhdessä Heurekan kanssa. Viikko käynnistyi ATS:n juhlatilaisuudella, jonka avasi ATS:n puheenjohtaja Ilkka Mikkola. Valtiovallan tervehdyksen toi opetusministeriön kansliapäällikkö Jaakko Numminen ja Rainer Salomaa kertoili rautaa raskaampien metallien synnystä. Kansainvälisyyttä tilaisuudessa edusti European Nuclear Societyn (ENS) puheenjohtaja Hans-Henning Hennies, joka pohdiskeli tulevaisuuden ydinreaktoreiden olemusta.*

*Juhlan kohokohta oli kuitenkin ydinenergian pioneerien paneeli, jossa he muistelivat ydintekniikan ja ydinenergian maihinnousua Suomeen. Paneeliin osallistuivat akateemikko Pekka Jauho, akateemikko Erkki A Laurila, professori Jorma K Miettinen, laboratorionjohtaja Olli Paakkola ja pääjohtaja Antti Vuorinen.*

*Merkille pantavaa oli se, että jokainen panelisteista sanoi tavalla tai toisella ajautuneensa ydintekniikan pariin eikä harmitusti tehneensä sitä. Suomalaisen insinööriyön merkitystä korostettiin erityisesti Loviisan voimalaitoksen osalta. Suhtautuminen säteilysuojeluun on ollut Suomessa asiallista alusta alkaen toisin kuin eräissä muissa maissa. Myös suomalainen energiajärjestelmäajattelu sai kiitosta edistyskäsityksestään. Toisaalta eräät 1960-luvun arviot öljyn loppumisesta 40 vuodessa ja fuusion toteutumista 20 vuodessa aiheuttivat hilpeyttä. Vaikka paljon hauskoja juttuja kuultiinkin, leimasi tietty varovaisuus panelisteja. Vasta juhlien jatkuessa iltaan kerrottiinkin ne "kovimmat" jutut.*

*Teemaviikon tärkein osa oli yleisölle järjestetty näyttely, joka onnistui yli odotusten. Näyttelyssä kuvattiin uraanin tie kaivoksesta ydinreaktorin*

*kautta takaisin kallioon. Säteilyturvakokeskuksella oli oma säteilystä kertova osastonsa. STUK järjesti myös mahdollisuuden elintarvikkeiden ja kokokehon mittauksiin. Elintarvikkeenäytteitä mitattiin 198 kappaletta ja kokokehomittauksia tehtiin 290 henkilölle. Arviolta Uraani Halkeaa -näyttelyssä kävi 10000 ihmistä. Viikon aikana kuultiin myös yleisöesitelmää ja näytettiin ydinenergiasta kertovia videoita. Merkille pantavaa oli, että lähes poikkeuksetta ihmiset olivat positiiivisesti kiinnostuneita esiteltävistä asioista riippumatta siitä, mikä heidän kantansa ydinvoimaan on. Siten myös ATS:n esittelöiden työ oli antoisaa ja mielekästä.*

*Seuraavassa julkaisemme juhlatilaisuudessa pidetyt esitykset lukuunottamatta Rainer Salomaan esitystä, joka julkaistiin ATS Ydintekniikka 2/89:ssä.*

# Uraani Halkeaa — juhlan avauspuhe

Herra kansliapäällikkö, arvoisat kutsuvieraat, hyvät naiset ja herrat

Habsburgien valtakunnassa kukoisti Böömissä 1500-luvulla hopeakaivos Sankt Joachimmin laaksossa, Joachims-talissa. Sen hopeasta tehtiin kaikkiaan noin 2 miljoonaa isoa hopearahaa. Niistä tuli kaikkialla käypä valuutta nimellä Joachimstaaleri, myöhemmin vain taaleri, ja Amerikassa siitä johdettiin dollari.

Kaivos syveni ja köyhtyi ja kuihtui 30-vuotisessa sodassa, mutta jatkoi toimintaansa 1700-luvulla tekniikan parantuessa. Sen kummallisesta jätekivestä, pitchblendestä, itse oppinut kemisti Martin Klaproth erotti uutta ainetta, jota hän kutsui puolimetalliksi. Hän vältti kiusauksen kutsua ainetta Klaprothiumiksi, ja esitti syyskuussa 1798 Preussin tiedeakatemialle nimeä uranium, kunnes parempi nimi keksitään. Ajan suuri mediatapahtuma oli nimittäin — Bastiljin valtauksen lisäksi — uuden planeetan löytyminen, jolle sen löytäjä Bathin orkesterin johtaja Herschel antoi nimen Uranus astronomian ja geometrian muusan Uranian mukaan.

Uraani keksittiin siis 200 vuotta sitten. Fissio keksittiin 50 vuotta sitten. Näiden tapahtumien johdosta Suomen Atomiteknillinen Seura järjestää tänään tämän juhlatilaisuuden ”Uraani Halkeaa”.

Samassa yhteydessä julkaistaan ydinteknisten alojen tieteellistä ja teknistä historiaa ja yleistietoutta käsittelevä erikoisnumero Seuran lehteä ”ATS Ydintekniikka” laajaan jakeluun ja avustetaan Tiedekeskus Heureka teemaviikon järjestämisessä.

Tieteen historiaan kuuluu haparoiva etsintä. Klaprothin pelkistämä aine osoitautui myöhemmin uraanin erääksi oksidiksi ja metallisen uraanin pelkisti ranskalainen Peligot noin 50 vuotta myöhemmin. Fission keksiminenkin on monivaiheinen. Ranskalaisten lehtiartikkelien mukaan kaiken takana on nainen, sillä Irene Curie teki David Savichin kanssa fissio-kokeita jo 1938. Ida Noddack Tacke yritti selittää fissiota jo aikaisemmin, mutta tiedeyhteisö ei kuunnellut häntä, koska hän oli sitä ennen esittänyt epäonnistuneutta alkuainetta nimeltä mazurium.

DI Ilkka Mikkola on Teollisuuden Voima Oy:n polttoainetoimiston päällikkö ja ATS:n puheenjohtaja, p. 90-605 022.



Kuten prof. Silvennoisen artikkelissa lehdessämme 2/89 kerrotaan, lisäksi mm. nimet Enrico Fermi, Otto Hahn, Lise Meitner, Fritz Strassmann ja Otto Frisch liittyvät fission tieteelliseen läpimurtoon, joka varmistui vuoden 1939 alussa.

Sähköä ydinenergian avulla tehtiin neljään lampuun vuonna 1951 nopealla koereaktorilla, Hanfordissa USA:ssa, siistavallaan hyötöreaktorilla. Obdinskin 5 MW:n voimalaitos käynnistyi NL:ssa 1954 ja Calder Hall Englannissa 1956. Kaupallinen ydinvoimantuotanto alkoi käytännössä vasta 1960-luvun alussa, siis runsaat 25 vuotta, tai vajaa 30 vuotta, sitten.

Tänään ydinvoiman tuotanto ei ole vain tieteellinen lupaus, vaan sovellutus, jossa pienestä raaka-ainemäärästä, kivistä, tehdään tieteen avulla paljon sähköä. Ydin- ja säteilytekniikan ja radiokemian sovellutuksilla on laaja käyttö myös paperiteollisuuden mittaustekniikassa (paksuus-

ja kosteusmittaus), maataloudessa (kasvinjalostus), lääketieteessä, ympäristömitauksissa ja mm. arkeologiassa. Vaikka tieteen mahdollisuuksien kannalta ollaan ainakin ydinvoiman toteutustavassa vasta kehityksen alkukaarella, on sopiva tilaisuus ja aihe tarkastella tänään näiden alojen historiaa ja tuloa Suomeen ja hiukan tulevaisuuttakin. Meillä nuoremmilla on erityinen ilo saada paneelissa kuulla pioneereja. Korvamme ovat virittyneet kuulemaan atomitekniikan tulosta Suomeen.

Toivotan Teidät kaikki Seuran puolesta lämpimästi tervetulleiksi. Olemme iloisia runsaasta osanotosta ja arvovaltaisista puhujista ja kuulijoista.

Pyydän ensimmäiseksi opetusministeriön kansliapäällikkö Jaakko Nummista esittämään valtiovallan tervehdyksen, minkä jälkeen ATS:n varapuheenjohtaja, professori Rainer Salomaa kertoo uraanin syntyteorioista. □

# Tervehdys Heurekan teemaviikon "Uraani Halkeaa" avajaisissa

Tieteen ja tekniikan kehitysvauhti on viimeisten sadan vuoden aikana ollut päättä huimaava. Useilla aloilla se näyttää vain kiihtyvän. Samaan aikaan kasvavat varoittavat äänenpainot. Näin ei voi jatkua: väestöräjähdyksen yhdistyneenä loputtoman talouskasvun vaatimukseen ja ihmisten pyrkimykseen kohti parempaa elintasoa tuovat vastaan maapallon sietokyvyn rajat, ajateltakoon luonnonvarojen riittävyyttä tai yleisen saastumisen ilmiöitä. Useimmat tekniikan edustajat kaiketi itse uskovat optimistisesti, että ongelmat voidaan ratkaista tieteen ja tekniikan keinoin. Pessimistit maalaavat kauhukuvia jo lähitulevaisuudessa odotettavissa olevasta globaalista tuhosta.

Itse tunnustan kuuluvani optimisteihin. Mutta tilanteen hallinta edellyttää huomattavasti nopeampia ja syvällisempiä toimenpiteitä kuin mihin toistaiseksi on ollut mahdollisuuksia. Suomen lähialueilla tilanne on nopeasti heikentymässä Lapissa ja Itämeren altaan itäosissa. Ratkaiseva ote tarvitaan muutaman vuoden sisällä.

Tavallinen kansalainen, jonka odotetaan yhä enemmän osallistuvan ja vaikuttavan päätöksentekoprosesseissa, on aivan ymmällään kehityksen ja ristiriitaisen informaation keskellä. Tietoa tosin on, mutta usein eri suuntiin vetävää, vaikeasti löydettävää tai hahmotonta, tieteellisen kielikäytön monesti lähes ylitsepääsemättömän muurin takana olevaa. Kokonaiskuvan luominen ja oman arvion tekeminen on maallikolle lähes mahdotonta. Siis tieto on saatava esille — sitä on havainnollistettava.

Tiedekeskuksen rakentamisesta tehtiin päätös syksyllä 1983. Tiedekeskussäätiö rekisteröitiin tammikuussa 1984. Sen tarkoituksena on havainnollisesti kertoa suurelle yleisölle tieteestä ja tekniikasta sekä niiden saavutuksista.

Vapun tienoilla avattuun Heurekaan on ehtinyt tutustua jo noin 250 000 henkilöä, huikkea määrä. Lukumäärä on valtaisa ja osoittaa, että Heureka tuli todelliseen tarpeeseen. Oma ansionsa on luon-



nollisesti sillä, että Heureka on toteutettu vakavalla mielellä ja kunnianhimoisesti. Myös Tiedekeskussäätiön kuuluvat yritykset ja muut yhteisöt ovat panostaneet paljon näyttelyn esineistöön ja esittelyaineistoihin.

Huomenna alkava Uraani halkeaa -teemaviikko on Heurekan ensimmäinen varsinaisen erityisalan näyttelytapaukuma. On erinomainen asia, että se kohdistuu ydinenergiaan ja säteilyyn, aloille joilla on tärkeitä ajankohtaisia keskustelutarkoituksia ja myös suurta tiedonpuutetta.

En malta olla tässä tilaisuudessa palauttamatta mieliin tilannetta Suomessa Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuuden aikaan ja sen jälkeen. Minä en tietysti ihmetellyt, että itse en humanistisen sivistyksen saaneena tuntenut riittävästi bekkereille ja muita yksiköitä, mutta että kollegat, joilla on vastuu koko alasta, olivat ymmällään, ja että koko maan tiedotuskoneisto osoittautui alalla täydeksi analfabeetiksi, se oli minusta hirvittävä. Tässä tilanteessa näkyi mielestäni kuin salaman valaistuksessa, miten heikot kansalaisten perustiedot koko nykyaikaisen luonnontieteellisen sivistyksen alueella ovat. Suomalainen koulu ei ole tässä suhteessa pystynyt täyttämään tehtävänsä. Ryhdyin välittömästi toimenpiteisiin kaikkien asteiden opetussuunnitelmien tarkistamiseksi. Tämä komitea, matemaattisluonnontieteellisen perussivistyksen komitea, jonka puheenjohtajana on toiminut professori Anto Leikola ja pääsihteerinä dosentti Touko Markkanen, aikoo tänä syksynä jättää loulisen mietintönsä tilanteen korjaamiseksi.

Uraanin käyttöön liittyvät sovellutukset — erityisesti ydinvoima — ovat kuvaava esimerkki tieteen ja tekniikan alasta, jota voidaan käyttää niin hyvin auroina kuin miekkoinakin. Parhaimmillaan uraani tuottaa suuret määrät edullista energiaa yhteiskunnan käyttöön ja pahimmillaan ydinaseina se on suuren katastrofin lähde. Kansalaiset, tiedotusvälineiden edus-

tajat, poliittiset päättäjät ja koko yhteiskunta todellakin tarvitsevat havainnollista ja käsinkosketeltavaa tietoa ydinenergiasta ja säteilystä.

Saksalainen Martin Klaproth löysi uraanin 200 vuotta sitten. Otto Hahn ja Lise Meitner keksivät fission 50 vuotta sitten. Uraanin käytön kehityksellä onkin jo tästä päivästä taaksepäin katsoen melkoinen taival takanaan. Se osoittaa, kuinka pitkä aika tarvitaan uusiin keksintöihin perustuvan vaativan teknologian tulon yleisiin sovellutuksiin. Tämä historia siihen liittyvine henkilöineen on nyt Heurekassa erinomaisesti esillä. Monet näistä henkilöistä ovat saaneet Nobelin palkinnon.

Merkittävää on myös, että kahdessa teemaviikon yleisötilaisuudessa on geologian, radiokemian, ydinfysiikan ja ydinteknologian eturivin tiedemiehiä ja asiantuntijoita jakamassa tietoa suurelle yleisölle. Olen varma, että näiden tilaisuuksien keskusteluissa tulevat esille tiedon ja ydinenergian käyttöä puoltavien kannanottojen ohella kriittiset äänenpainot, joita dialogissa juuri tarvitaan.

Lähtölaukauksena Heurekan Uraani halkeaa -teemaviikolle on tämä Suomen Atomiteknillisen Seuran juhlatilaisuus. Tieteellisillä seuroilla on kasvava tehtävä oman erityisalan tiedon jakamisessa. Sanon tämän hyvin tietoisena siitä, että seurojen toiminta perustuu suurelta osin talkoohenkeen ja palkattomaan harrastukseen. Atomiteknillinen Seura kantaa kunnialla vastuun oman alansa osalta. Oman suomenkielisen Ydintekniikka-lehden, ydintekniikan sanaston ja muiden alan teknologiaa havainnollistavien selosteiden julkaiseminen osoittaa tämän samoin kuin se, että seura on aktiivisesti osallistunut Heurekan teemaviikon järjestelyihin. Tämän päiväisen juhlatilaisuuden osalta voidaan erityisellä ilolla huomata, että muiden korkeatasoisten esitysten joukossa atomiteknikan, ydinfysiikan ja radiokemian tiedeyhteisön huomattavimmat pioneirit kokoontuvat paneeliin, jossa muistellaan näiden tieteenalojen tuloa Suomeen ja sen jälkeistä kehitystä. Näin tieto siirtyy sukupolvelta toiselle.

Esitän valtion lämpimän tervehdyksen Atomiteknillisen Seuran juhlatilaisuudelle ja Tiedekeskus Heurekaan Uraani halkeaa -teemaviikolle. Olen jo etukäteen valmis arvioimaan, että suuri yleisö tietää teemaviikon jälkeen ydintekniikasta ja säteilystä koko joukon enemmän kuin tänään. □

FM Jaakko Numminen on opetusministeriön kansliapäällikkö, p. 90-1341 7414.



## In What Kind of Reactors Does Uranium Split in the Future?

Actually 143 nuclear plants are in operation in Western Europe. In many parts of Europe nuclear generated electricity has exceeded the 50 % mark. This is true above all in France where about 75 % of electricity is generated in nuclear power plants, but also in Finland, Sweden, Belgium and Switzerland, in the latter country at least during the winter season. Even in the Federal Republic of Germany where the value is about 40 %, the portion of nuclear electricity generation is more than 60 % in large regions and thus conforms to the economically optimum mix of several power plant types.

The controversial judgement of nuclear energy by politicians and citizens is contrasted by the steadily improving technical performance of the reactor facilities. It is no longer a rare exception in these days that 1300 MWe plants generate 10 TWh per year. But also the average values of availability of European plants are remarkably high with an excellent safety record. No accidents or incidents with serious effect to the public health are to be reported.

After Great Britain has also turned to the Light Water Reactor (LWR) line, this has become the dominating reactor type, above all the Pressurized Water Reactor.

Letting alone continuous improvements, the LWR plants of all manufacturers have reached a rather high degree of maturity and standardization. The 1000 to 1500 MWe capacities are actually and for the near future the normal range.

### Shifting to safer reactors?

After the Chernobyl accident in 1986 the discussion has been revived whether the LWRs of present design are sufficiently safe or whether they should be modified or even replaced for instance by sometimes so-called "inherently" safe reactors. The discussion concentrated on the sequence and the consequences of accidents beyond the design basis accidents which, ultimately, means core meltdown accidents. Whereas the problems associated with design basis accidents including the crucial problem of the performance of the emergency cooling systems have been largely solved and new knowledge regarding the necessity of fundamental plant modifications has not been derived, the problem area of core meltdown accidents had previously not been treated in a comparable width and depth. However, relevant research work did not start after

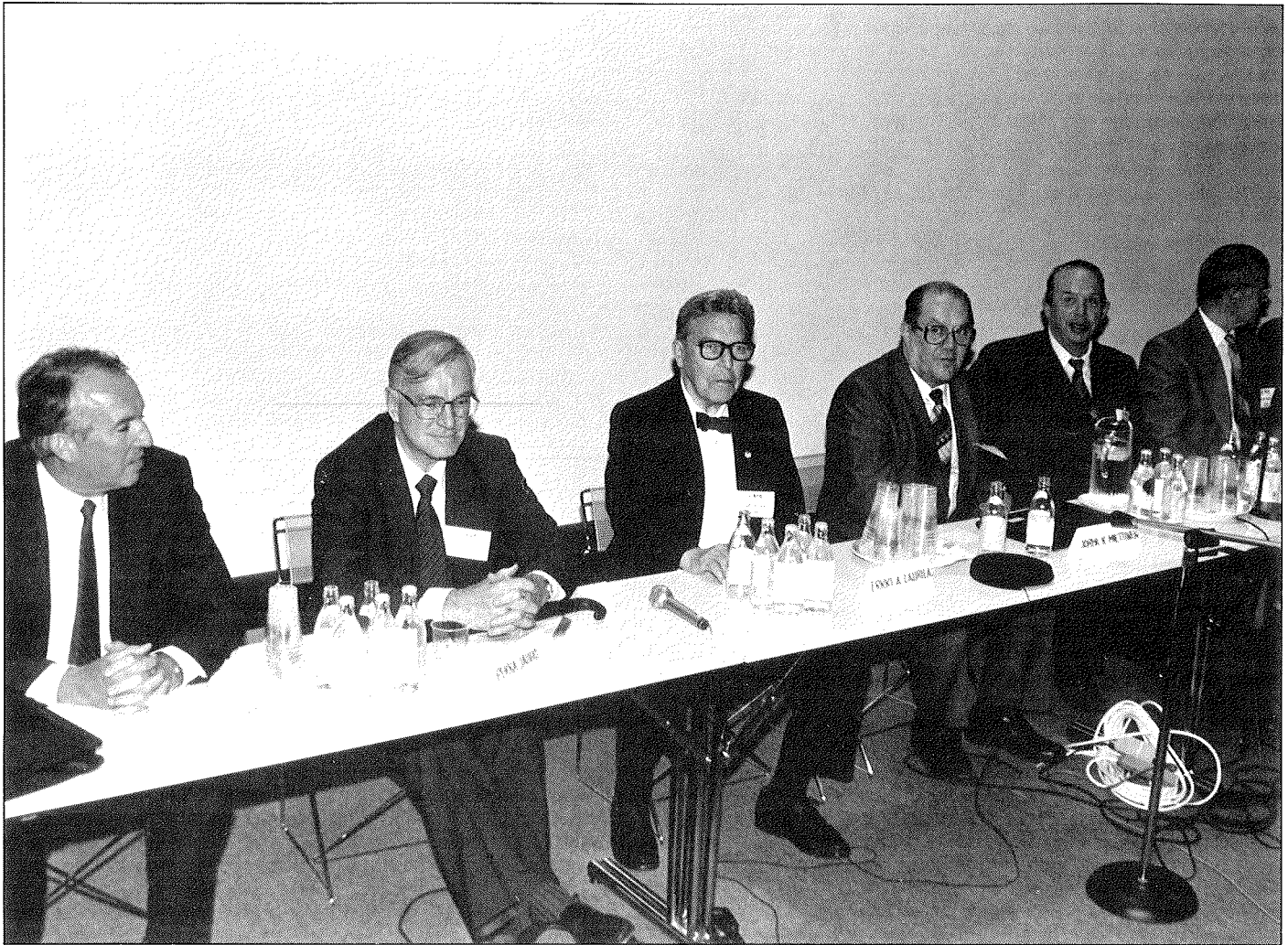


the Chernobyl accident, but already many years earlier. Therefore, sufficient information was available already in 1986 to implement plant modifications so that even in case of extremely improbable LWR core meltdown accidents the radiological consequences could be mostly confined to the plant proper.

A noteworthy example of those plant modifications are the containment depressurization systems and the fission product retention systems already installed in Sweden, French, Swiss and German plants or inerting of the containment in boiling water reactors. Moreover, considerations are presently more systematic than some years ago on measures which the operators can take to stop already initiated sequences of severe accidents or to deviate these consequences on paths which result in the minimum consequences possible: Those consequences being at least manageable by emergency planning dispositions. These so-called

accident management measures will further reduce the probability of occurrence of severe accidents. There are people who are solely asking for the consequences of an accident involving a fully molten down core, disregarding the probability of occurrence, and who are, moreover, searching for plants in which also a core meltdown accident can be controlled. They can be served already now with the results of reactor safety research which allow a rather reliable statement to be made, namely: The containment and building structures can be improved at relatively little expenditure in engineering

Dr. Hans-Henning Hennies from the Karlsruhe Nuclear Research Center (KfK) is the President of the European Nuclear Society (ENS).



From left to right ENS President Hans-Henning Hennies with the panelists of the ATS meeting Academician Pekka Jauho, Academician Erkki Laurila, Professor emeritus Jorma K. Miettinen, laboratory director Olli Paakkola and director general Antti Vuorinen.

terms so that also in a core meltdown accident it can be practically excluded that hazardous amounts of radioactivity escape into the environment or into the soil.

Thus, the safety problems associated with reactors will gradually lose in importance in the future and no longer play the primary role in decision making concerning the choice of energy systems.

Being aware of this fact, it would be wrong to give up the established LWR line in favor of smaller-sized reactors which are supposed to be inherently safe, the more so, since for these latter reactors only the level of argumentation for absolute safety is shifted.

All alternatives to the established LWRs suffer from the drawback that, from the present point of view, they are not competitive and that their commercialization would cost billions. No industrial firm will be prepared to assume these costs and the government will probably neither be willing to bear them.

### How to improve the actual LWR's

The remarks are restricted to PWR's, because R + D-work at the Karlsruhe Research Center concentrated on this type.

Already today enough knowledge is available from R + D on severe core destructive accidents to make design modifications which lead to containment structures and basemate designs which would prevent release of radioactivity to the environment.

But some specific areas should be mentioned, where more design specific work is needed:

- Failure of the reactor pressure vessel at high pressure
- Steam explosions within the reactor pressure vessel
- H<sub>2</sub> detonations following core melt down
- Basemate erosion by molten core concrete interaction

A recently proposed containment design would cope with the consequences of these problem areas and would withstand.

30 bars static pressure and pressure spikes up to 230 bars over 5 msec.

Such a containment would consist of an inner steel liner (about 40 mm thick) which — when under high internal pressure — can lean against a 2 m thick prestressed outer concrete containment. A core melt retention device (core catcher) would exclude basemate penetration.

### Looking into the future

- LWR's will be dominant for decades.
- Breeders will not be needed in the near future.
- Improvements of LWR's are essential to exclude land contamination even in case of core melt down accidents.
- That would make nuclear energy an unmatched clean and reliable energy source. □

# Sihteerin sana — ytimekästä historiaa suomeksi kirjaesittely

*Erkki Laurila:  
Atomienergian tekniikkaa ja politiikkaa  
Otava 1967, 286 s.*

*Ydinenergiapolitiikan harhailut  
Otava 1977, 127 s.*

*Muistinvaraisia tarinoita  
Otava 1982, 189 s.*

URAANI HALKEAA-tapahtuman yhteydessä jouduin seuramme sihteereinä huolehtimaan yhdestä jos toisesta käytännön asiasta. Eräs velvollisuuksista oli pitää huolta ATS:n iltapäivän paneelin osanottajien hyvinvoinnista. Etukäteen homma hieman hirvitti, sillä olihan mukana akateemikoita ja pääjohtajia...

Mielenkiinnolla odotin mahdollisuutta keskustella akateemikko Erkki Laurilan kanssa. Mieleissäni oli kysymyksiä, koska Laurila itse oli asian järjestänyt. Hän on nimittäin myös kirjailija. Olin lukenut kolme hänen teostaan, jotka inspiroivat miettimään ydintekniikan historiaa.

Odotukseni palkittiin, sillä tuon maanantai-illan aikana kuulin paljon. Sain myös itse esittää Laurilalle kysymyksiä. Erään kysymyksen yhteydessä hämmästyin kovasti. Tämä johtui Laurilan ironisesta vastauksesta kysyessäni, miten kirjat ovat hänen tietojensa mukaan myyneet. Erästä kirjoista oli myyty vain joitakin satoja kappaleita! Tämä tuntui vaikealta käsittää, sillä luulisi jo löytyvän sen verran lukijoita omalta alaltammekin. Oli miten oli, mutta tämän artikkelin päätin kirjoittaa, jotta ainakin kirjastoista saatavilla kappaleilla olisi rahtusen enemmän lukijoita. Mistäpä esimerkiksi me nuoremmat voimme saada taustaa maamme ydinenergiapolitiikasta ilman tällaisia erinomaisia lähteitä?

Kirjassa "Atomienergian tekniikkaa ja politiikkaa" vuodelta 1967 Laurila luotaa alan historian sekä kansainvälisesti että Suomen näkökulmasta. Hän esittelee atomipommin syntyhistorian ja tuskallisen siirtymäkauden ydinvoiman rauhanomaiseen käyttöön.

Suomen osuuden kannalta kirjan ajoitus on jännittävä. Se on kirjoitettu ennen kuin varsinainen päätös ensimmäisen tehoreaktorin rakentamisesta oli tehty. Vasta syyskuussa 1969 nimittäin allekirjoitettiin alustava sopimus Loviisan voimalaitoksen pääkomponenttien toimituksesta IVO:n ja V/O TECHNOPROM-EXPORTIN välillä. Niinpä tekijä kertoo

ydintekniikan alkuajoista Suomessa ilman varmaa tietoa tulevista sähköä tuottavista laitoksista.

1950- ja 60-luvulla oli ydintekniikassa tehtävä jättityö. Oli koulutettava asiantuntijoita ja rakennettava kehykset mahdollisille tehoreaktoreille. Laurila kertoo esimerkiksi Otaniemen Triga-reaktorin hankintaan liittyvistä toimista. Koulutus- ja tutkimusreaktori lähti käyntiin 27.3.1962. Mutta kuinka moni seuramme jäsen tietää, että koulutusvälineenä Trigaa edelsi jo vuonna 1957 hankittu alikriittillinen miilu. Mielenkiintoinen yksityiskohta on, että senkin vihki käyttöön presidentti Kekkonen, jonka aikana Suomen kaikki "ydinlaitokset" ovat valmistuneet. Laurila kertoo myös Kekkonen olleen hyvin kiinnostunut atomikysymyksistä.

Jo tässä kirjassa Laurila kritisoi atomipolitiikan ylilyöntejä. Esimerkkinä tällaisesta on vuoden 1955 Geneven atomikonferenssin puheenjohtajan sanat siitä, että "jo parinkymmenen vuoden kuluttua fission perustuva atomienergia on vanha-naikaista ja että uutena energialähteenä olisi keveitten atomiydinten fuusio..."

"Ydinenergiapolitiikan harhailuissa" vuodelta 1977 Laurila sitten käyttäenkin paljon raskaampia aseita jo kirjan nimestä lähtien. Hän pohtii syitä ydinvoimasta jo tuolloin käytyyn laajaan ja ongelmalliseen keskusteluun. Poliitiikka oli alusta lähtien mukana ydinenergian kehityksessä, jo tekniikan synty johtui halusta saada käyttöön uusi ase. Poliitiikka onkin sitten heitellyt ydinvoimaa paljon ankaremmin kuin tieteellinen ja tekninen kehitys edellyttäisivät.

Vuonna 1977 Laurila kysyy, onko atomiaikaa edelleen pidettävä vain suurena seikkailuna. Onhan panoksena ollut valtavat tutkimus- ja kehitysmäärärahat ja suuri inhimillisen työn osuus. Tuloksena oli siihen mennessä parisataa toimivaa ydinvoimalaitosta. Nyt tuo määrä on kaksinkertaistunut, ja ehkä ympäristöpoliittiset painotukset tulevaisuudessa kallistavat vastauksen sellaiseksi, että puheet seikkailusta voidaan unohtaa.

Toistaiseksi viimeisenä on ilmestynyt novellikokoelma "Muistinvaraisia tarinoita" 1982. Siinä Laurila on jo leppoisampi kertoen tarinoita elämänsä varrelta. Hän painottaa jo alkulauseessa, ettei kirja ole varsinainen muistelmateos. Tämä on viisas ratkaisu, koska hänellä ei ole lähdeaineistona päiväkirjoja tai muuta yksityistä aineistoa. Novellit ovat silti mielenkiin-

toista ajankuvausta Laurilan pitkältä uralta.

Edelleen hienon todistuksen Laurilan henkisistä kyvyistä antaa muistelu, jossa hän kertoo aktiivisen vaikuttamisen lopettamisesta suomalaisessa ydinenergiapolitiikassa. Hän toteaa päätöksen kypsyneen turhautumisesta silloiseen tilanteeseen (1977) ja siitä tunteesta, että on parasta lopettaa ajoissa. Monista haastateluista ja syyskuun paneelista huomaamme, ettei akateemikon terä ole ruostunut vieläkään.

Suosittelen lämpimästi näiden kirjojen lukemista. Laurilan teksti on sujuvaa ja virikkeitä antavaa. Hänen ajatuksensa ovat myös hyvin ajankohtaisia, kun hän opettaa, että ydinvoimapolitiikassa on aina mukana luonnontieteiden ja tekniikan lisäksi taloudellisia, yhteiskunnallisia, psykologisia ja yleispoliittisia perusteita. Ennen kaikkea Erkki Laurila on kuitenkin tuottanut ydinenergian suomalaiselle historiankirjoitukselle sen merkittävimmät lähteet.

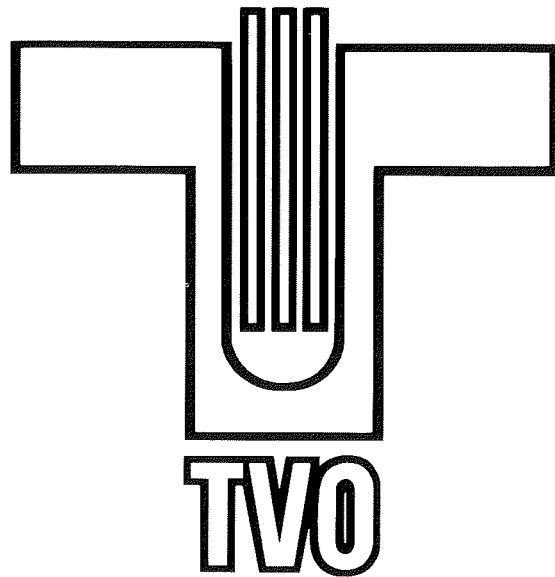
Syksyllä seuraan on hyväksytyt seuraavat jäsenet:

DI Esa Jurvakainen	TVO
FK Bjarne Hedkrok	TVO
Ins. Matti Lymy	TVO
FM Ronnie Olander	TVO
FM Roy Pöllänen	STUK
Ins. Stig-Göran Jacobsson	NAF
DI Tuomo Parviainen	IVO
DI Pentti Rajamäki	IVO
Ins. Hannu Juusela	IVO

Lisäksi uusia kannatusjäseniä ovat NAF OY ja OT PROCESSARMATUR FINLAND AB.

*Jorma Aurela*

YDINSÄHKÖ  
YMPÄRISTÖN  
YSTÄVÄ



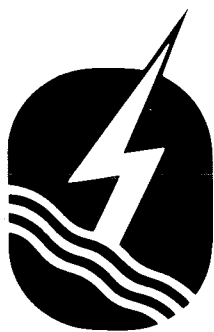
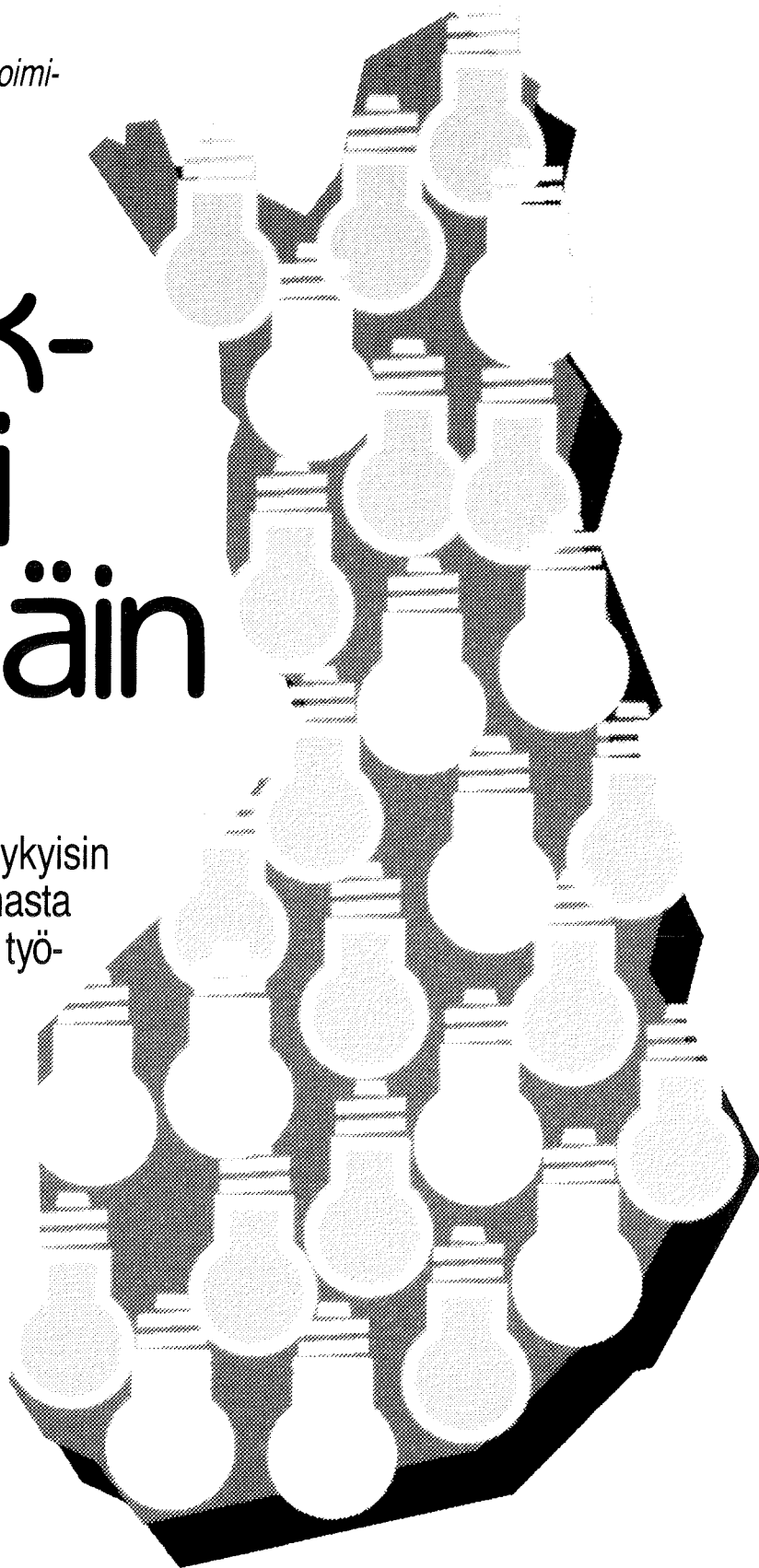
27160 Olkiluoto

*Suomi on sähköistetty lähes sataprosenttisesti. IVO:n osuus sähköntoimituksista on noin 40%.*

# Voimakkaasti eteenpäin

Jokainen suomalainen voi nykyisin nauttia sähkön mukanaan tuomasta viihtyisyydestä sekä kotona että työpaikalla. Sähkö on vaivatonta ja puhdasta energiaa.

IVO tuottaa, hankkii ja toimittaa sähköä ja lämpöä energialaitoksille ja teollisuudelle — ja siten meille kaikille. IVO:n osuus maamme sähköntoimituksista on noin 40%.



**IMATRAN VOIMA OY**  
Monipuolista energiaosaamista.

# Ytimekkäät

## ENERGIAYHTIÖT POHJOISMAIDEN 1000 SUURIMMAN JOUKOSSA

Talouselämä on 6.10.1989 julkaissut vuoden 1988 lukuihin perustuvan tilaston tuhanesta liikevaihdoltaan suurimmasta yrityksestä Pohjoismaissa. Energiayhtiöitä mahtui listalle 33; näistä suurin oli Vattenfall (11 mrd mk), seuraavaksi suurimmat olivat Imatran Voima (4,4 mrd mk) ja Sydkraft (4,1 mrd mk). Muut ydinvoiman tuottajat listalla olivat Oskarshamn KG (2,6 mrd mk) ja Teollisuuden Voima (1,4 mrd mk).

Mikä olikaan suurin yritys? Se oli ASEA (77 mrd mk), ja seuraavaksi suurimmat olivat Volvo, Electrolux, Norsk Hydro ja Statoil; Suomen suurin, Neste (27 mrd mk) löytyy sijaluvulta 8. Energialla on siis, tavalla tai toisella, tehty reippaasti liikevaihtoa myös muissakin kuin ko. "energiayhtiöissä".

*Klaus Sjöblom*

## POHJOLAN SUURIMMAT ENERGIAYHTIÖT

Sijaluku	Yritys	Maa	Liikevaihto milj. mk	Tulos rahoituserien jälkeen milj. mk	Brutto investoinnit milj. mk	Henkilöstö
1	31 Vattenfall	R	11 020	1 290	3 487	10 700
2	101 Imatran Voima	S	4 352	261	1 059	4 515
3	109 Sydkraft	R	4 113	625	423	2 897
4	139 Statkraft	N	3 202	-536	1 541	2 500
5	160 Stockholm Energi	R	2 725	162	390	2 200
6	168 OKG	R	2 568	-22	100	968
7	182 Elkraft	T	2 341	441	933	237
8	215 Köbenhavns Belysningsvaesen	T	1 939	3		2 124
9	224 Oslo Lysverker	N	1 880	483	560	2 037
10	281 NESÄ	T	1 483	25	132	1 025
11	286 Elsam	T	1 458	0	212	298
12	306 Teollisuuden Voima	S	1 387	12	114	496
13	320 Helsingin kaupungin energialaitos	S	1 321	229	266	2 048
14	IFV-energi (NESÄ)	T	1 305	0	167	935
15	Vattenfall Energiverksgrupp (Vattenfall)	R	935	110	112	731
16	Uddeholm Kraft (Aga)	R	771	85	56	564
17	572 Midtkraft	T	652	18	149	523
18	585 Krängede	R	642	13	35	160
19	586 Pohjolan Voima	S	642	-10	48	474
20	Båkab (SCA)	R	614	221	92	344
21	605 Gullspång	R	608	91	40	298
22	623 Åkershus Energiverk	N	587	11	60	227
23	625 Bergen Lysverker	N	586	60	202	657
24	631 Vestkraft	T	581	-64	134	519
25	634 Lyse kraft	N	576	-23	43	138
26	636 Seas	T	572	2	159	801
27	675 Skaerbaekvaerbet	T	527	-6	138	393
28	720 Fynsvaerket	T	470	-36	151	400
29	741 Bergenshalvøens Kraftselskap	N	447	64	173	371
30	745 Landsvirkjun	I	443	18	107	274
31	753 Espoon Sähkö	S	438	14	119	497
32	759 Turun sähkölaitos	S	431	39	67	351
33	808 Etelä-Suomen Voima	S	384	7	43	359
	Yhteensä		49 760	3 477	11 033	39 395

## ZAPOROSHJEN VOIMALAITOSTYÖT LÄHENEVÄT PÄÄTÖSTÄÄN

ATS Ydintekniikka on ATS:n vuoden 1983 Neuvostoliiton opintomatkan jälkeen seurannut Zaporoshjen ydinvoimalaitoksen rakentamisen vaiheita. Mielenkiinnon kohteina ovat olleet laitosyksiköiden rakentamisaika ja valmistuminen. Ensimmäisen yksikön rakentaminenhan aloitettiin huhtikuussa 1980. Sarjatyönä on sitten tehty standardityyppisiä VVER-1000-painevesireaktoreita.

Lokakuussa 1989 oli Zaporoshjessa valmiina käytössä neljä yksikköä, viides yksikkö oli käyttöönotossa 90 %:n tehokokeissa ja viimeinen, kuudes yksikkö asennusvaiheessa. Kuudennen yksikön reaktorilaitoksen pääkomponentit olivat paikalla ja mm. primääripiirin hitsaus menossa. Suunnitelmien mukaan kuudes yksikkö otetaan käyttöön vuonna 1990. Primääripiirin painekoe on suunniteltu toukokuuhun 1990. Näin on runsaassa vuosikymmenessä rakennettu samalle paikalle kuusi 1000 MW:n reaktoria, maailmanennätys sekkin lajissaan.

Pääpaino Zaporoshjen toiminnassa oli jo käyttöasioilla. Ongelmitta ei ole selvitty. Sitä osoittivat ensimmäisessä ja toisessa yksikössä meneillään olevat seisokit, joissa vaihdetaan höyrystimet. Lisäksi neljännellä yksiköllä oli juuri aloitettu polttoaineenvaihtoseisokki.

Zaporoshjen vierailu liittyi IVossa ja PEVOssa käynnissä olevaan selvitystyöhön, jonka tavoitteena on kehittää Suomen olosuhteisiin sopiva kilpailukykyinen VVER-1000-laitosvaihtoehto. Keskeisinä kohteina ovat vuoden 1990 työohjelman suunnittelu ja laituskonseptin merkittävimpien kehityskohteiden identifiointi.

*Heikki Raumolin*

## ARVIOT TULEVASTA SÄHKÖN KULUTUKSESTA KASVUSSA, STYV:LTÄ UUSI ENNUSTEEN TARKISTUS

*STYV-S Raportti 2/89*

Vuonna 2000 kulutetaan Suomessa sähköä jo lähes 80 TWh. Sähköntuottajien yhteistyövaltuuskunnan (STYV) suunniteluvaliokunta julkaisi elokuussa 1989 vuoteen 2000 saakka ulottuvan ennusteen tarkistuksen.

Aiempaan ennusteeseen verrattuna sähkön kulutus on kasvanut vuonna 1990 1,6 TWh, vuonna 1995 1,3 TWh ja vuonna 2000 2,7 TWh. Uudet kulutusarviot ovat 1990 **63,3 TWh**, 1995 **72,5 TWh** ja 2000 **79,7 TWh**. Vertailun vuoksi todettakoon, että vuoden 1988 kulutus oli **58,7 TWh**.

Peruskuormaa ajava 1000 MW:n ydinvoimalaitos tuottaa 7000 tunnin vuosiajalla 7 TWh. Kahden vuoden kuluessa ennusteet vuoden 2000 sähkön kulutuksesta

ovat jo kasvaneet lähes tämän verran. Onko pian kysyttävää, riittääkö yhden uuden ydinvoimalaitoksen rakentaminen enää mihinkään.

*Heikki Raumolin*

## Refuelling at Olkiluoto

The TVO II refuelling and maintenance shutdown took place between 29.4. and 15.5. lasting for 15 days and 19 hours exceeding the planned length with a good 2 days.

The TVO I refuelling and maintenance shutdown took place between 19.5. and 3.6. The length of the shutdown was the planned 14 days.

In addition to Company's own personnel, the outside workforce numbered 950 during the maintenance work.

The collective dose during refuelling to all who worked at TVO II was 1.0 man-sievert and at TVO I 0.86 mansievert.

During refuelling, 134 fresh fuel assemblies were loaded into the TVO II reactor and, respectively, 130 fresh fuel assemblies into the TVO I reactor.

One of the most significant maintenance operations was the change of the generator rotor at both plant units. Additionally, some reactor control rods, reactor coolant pumps and valves were changed or serviced. At TVO I, one low pressure turbine was opened. Tests and inspections were carried out at the power plant in the usual extent.

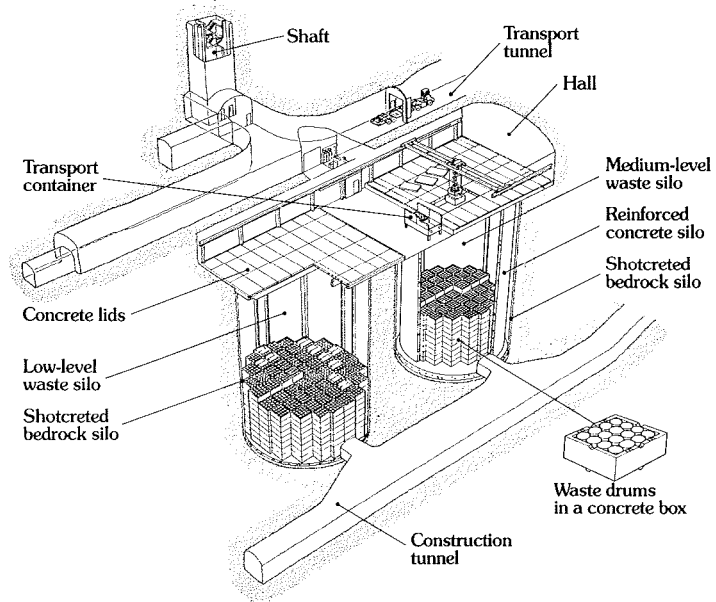
Installation work connected to the technical realization of the filter system to strengthen the containment buildings against a severe accident was completed during the refuelling and maintenance shutdowns (the Severe Accident Mitigation-project). The plant structure was improved also with some changes in the piping systems.

## Field Investigations for Siting of Spent Fuel Repository

Field work is carried out at five areas for selecting a site for final repository of Teollisuuden Voima Oy's spent fuel. The areas are located in Kuhmo, Hyrynsalmi, Konginkangas, Sievi and Eurajoki (Olkiluoto). Airborne and surface surveys have been completed at all areas.

According to the research plan for 1988, TVO drilled at Sievi, Konginkangas and Olkiluoto deep cored boreholes, the total length of which was six kilometers. The five deep boreholes needed in the field investigations have been drilled at the Kuhmo, Hyrynsalmi, Konginkangas and Sievi investigation sites. In 1990, two boreholes, 500 m in depth, will still be drilled at the Olkiluoto investigation site.

## SILO CONSTRUCTION AT OLKILUOTO



## Construction of LLW/ILW Repository

Teollisuuden Voima Oy constructs a final repository for low- and intermediate level wastes (VLJ repository) in the crystalline bedrock of the Olkiluoto power plant site. Most of the excavation work in the repository for reactor wastes (VLJ repository) to be built at the Olkiluoto site was completed in August. As a part of the excavation project, shotcreting and floor construction work continue until the end of the year. The construction work has been scheduled to be started in early 1990. Construction and installation work will proceed so that the repository will be commissioned in 1992.

The waste drums will be emplaced in two silos at a depth of 70—100 meters. The

silos will have a total capacity of 40 000 drums. The total excavated rock volume is 87 000 m<sup>3</sup> (silos, crane hall, tunnels, shaft).

Rock investigations have been continued during the construction of the repository. Three new boreholes (100—200 meters) were drilled from the access tunnel into the rock mass, where the silos were planned to be excavated. Tunnels and silos have been mapped in detail. Short boreholes have been drilled for groundwater sampling and head monitoring from the tunnels. Instruments have been installed for monitoring rock mechanical behaviour.

The investigation programme of boreholes comprises of geophysical loggings, radar and seismic measurements, determination of hydraulic conductivities, head monitoring, groundwater sampling and rock stress measurements. Groundwater tables and head distributions in the surface part of bedrock are regularly measured in shallow boreholes at all five areas. Development of bedrock and groundwater models for the Kuhmo and Hyrynsalmi areas is in progress.

In 1992 a decision will be made on 2—3 areas, where investigations will be continued. The site for final repository will be selected by the year 2000.

## 100 TWh sähköä

Olkiluodossa on tuotettu yli 100 TWh sähköä. Merkittävä virstanpylväs saavutettiin 29.9 TVO I:n seisokin vuoksi asiaa ei yhtiössä juhlistu.

## ENERGIATALOUS VUODEN 1990 BUDJETTIESITYKSESSÄ

Valtion vuoden 1990 tulo- ja menoarvioesityksessä on energiatalouteen varattu yhteensä 220 Mmk. Tämä on 2 Mmk vähemmän kuin vuonna 1989. Lisäksi vuodelle 1990 on 50 Mmk:n arviomääräraha valtion ydinjätehuoltorahastolle maksettavaa korvausta. Välittömän rahoituksen lisäksi valtio tukee Suomen energiataloutta välillisesti esimerkiksi VTT:n omarahoitteen energiatutkimuksen kautta.

Merkittäviä muutoksia rahoituksessa ei ole lukuunottamatta energiatiedotukseen ja neuvontatoimintaan osoitettua rahaa, joka on lähes kaksinkertaistunut tämänvuotiseen verrattuna. Seuraavassa on esitetty määrärahan suuntaaminen. Suluissa on vuoden 1989 vastaava menoarvio.

### Eräät energiahuollon tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatoiminnan menot, 77 500 000 mk (75 000 000 mk)

Määräraha käytetään ulkopuolisilta tilataviin energiataloudellisiin tutkimuksiin ja selvityksiin, ydinenergiaa koskevaan tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatyöhön sekä laitteistojen hankintaan. Rahoitus suunnataan lähinnä laajoihin tutkimusohjelmakokonaisuuksiin.

### Käyttösuunnitelma:

	mk
Energian käytön ja tuotannon tutkimus .....	51 500 000
Energiatalouden suunnitteluun liittyvät selvitykset .....	3 450 000
Ydinenergia-alan tutkimus, suunnittelu ja valvonta .....	21 600 000
Energia-alan tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatoiminnan muut menot .....	950 000
<b>Yhteensä</b>	<b>77 500 000</b>

### Energiatiedotus ja neuvontatoiminta, 9 500 000 mk (5 000 000 mk)

Määräraha käytetään energiatalouteen liittyvään tiedotus-, neuvonta- ja tietohuoltotoimintaan.

### Avustukset energiainvestointeihin, 69 000 000 mk (80 000 000 mk)

Määräraha käytetään kotimaisten energialähteiden käyttöön, energiasäästöön ja uuden energiatuotantoteknologian käyttöönottoon liittyvien investointien rahoitukseen.

### Avustukset maaseudun sähköistämiseen, 12 500 000 mk (14 000 000 mk)

Määrärahaa käytetään avustuksina maaseudun uudissähköistykseen, syöttöjohtojen ja -asemien rakentamiseen ja sähkölaitosten yhtymisestä aiheutuvien verkostojärjestelyjen toteuttamiseen.

### Avustukset energiataloudellisen tutkimuksen ja koetoiminnan edistämiseen, 34 000 000 mk (32 000 000 mk)

Määrärahaa käytetään avustuksina energiataloudellisiin tutkimus- ja koetoimintaprojekteihin sekä ydinenergia-alan teknologisiin kehittämissuunnitelmiin.

### Energiainvestointien korkotuki, 17 000 000 mk (15 000 000 mk)

Määräraha käytetään energiainvestointien lainoituksen korkotukeen. Korkohyvityksen määrä on pääsääntöisesti neljän ensimmäisen lainavuoden aikana 4 % ja 5—8 lainavuosien aikana 2 %.

### Avustukset turve- ja puuraaka-ainevarojen hyväksikäytön edistämiseen, 450 000 mk (1 050 000 mk)

Määräraha käytetään avustuksina turve- ja puualan yhteisöjen toiminnan tukemiseen sekä raaka-ainevarojen hyötykäyttöön liittyvään tiedotus-, tutkimus- ja koetoimintaan.

### Korvaus valtion ydinjätehuoltorahastolle, 50 000 000 mk (—)

Ydinjätehuoltorahastosta valtionvarastoon siirretyistä varoista rahastoon suoritettava korvaus, joka vastaa jätehuoltovelvollisille rahastosta annettavien lainojen korkoa. Korko on toistaiseksi Suomen Pankin peruskorko lisättyinä 2 prosenttiyksiköllä.

*Pertti Salminen*

## Lyhyesti maailmalta

### Aihevalinnat Pekka Lehtinen, STUK, puh. 708 2385.

**El Salvadorilaisen** elintarvikkeiden säteilylaitoksen työntekijät saivat ylisuuria säteilyannoksia helmikuussa 1989 sattuneessa työtapaturmassa. Työntekijät tunkeutuivat säteilytystilaan korjaamaan auki juuttunutta Co 60 -lähdetä välittämättä kolminkertaisista varo- ja estolaitteista. Kolmen työntekijän annokset olivat 3—8 grayta. Kaksi heistä on edelleen sairaalahoidossa toisen raaja-amputaation ollessa ilmeinen. Henkiinjäämistodennäköisyys sairaalahoidossa on 8—10 grayn säteilyannoksen saaneelle 50 %.

Nucleonics Week, 27.7.1989

**Eurooppalaisen** nopean hyötöreaktorin kehittämisestä allekirjoitettiin sopimus Bonnissa 16.2.1989. Reaktorin tehoksi kaavailaan 1500 MW. Osallistuvia maita ovat Saksan liittotasavalta, Iso Britannia, Ranska, Belgia, Italia ja Alankomaat.

Nucleonics Week, 2.3.1989

**IAEA:n** tilaston mukaan ydinsähkön osuus vuoden 1988 sähköntuotannosta oli suurin Ranskassa, 69,9 %. Belgiassa se oli 65,5 % ja Unkarissa 48,9 %. Suomi oli yhdeksäntenä 36,1 % osuudella.

IAEA Newsbriefs, toukokuu 1989

**Iranilla** on 3000 tonnin helposti hyödynnettävät uraanivarat ilmoittaa maan varapääministeri Reza Amrollahi. Uraanikavokset käynnistetään muutaman vuoden sisällä.

Nuclear News, helmikuu 1989

**Japanin** Fukushima II-3 1100 MW BWR Toshiba -yksikön tammikuussa särkynyt pääkiertopumppu aiheuttaa usean kuu-kauden pituisen seisokin. Byron Jackson -pumpun laakerin kappaleita on löytynyt kymmenittäin reaktoripaineastian pohjalta ja mm. polttoainepuista. Suurin tähän mennessä löytynyt kappale on 10,5 senttimetriä pitkä ja painaa yhdeksän grammaa. USA:n ydinturvallisuusviranomaisen NRC on varoittanut vaurion mahdollisuudesta kaikkia samaa pumpputyyppejä käyttäviä BWR ja PWR -yksiköitä.

Nucleonics Week, 9.3.1989

**Japanin** 36. ydinvoimalaitosyksikkö, Shimane 2 820 MW BWR, otettiin käyttöön helmikuussa 1989.

Nucleonics Week, 16.2.1989

**Meksikon** ensimmäinen ydinvoimalaitosyksikkö Laguna Verde 1 (675 MW BWR General Electric) kytkettiin valtakunnanverkkoon 15.4.1989. Kytkeä viivästetty turvallisuusviranomaisen asettamat tiukat vaatimukset primaariipiirin veden puhtaudelle ja johtokyvyille.

Nucleonics Week, 20.4.1989



**Kandan** Pickering-ydinvoimalaitoksen asentaja sai 124 mSv säteilyannoksen irrottaessaan Candu-reaktorin säätösauvaa. Hän käytti epähuomiossa harjoitus-säteilysuojaa oikean säteilysuojan sijaan. Mukana ollut toinen asentaja sai 50 mSv annoksen.

Nucleonics Week, 17.8.1989

**Neuvostoliitto** on vahvistanut vuonna 1957 tapahtuneen ydinonnettomuuden. Etelä-Uralissa Kaslin kaupungin lähellä tapahtui elokuussa 1957 kemiallinen räjähdys aseuraanin tuotantoyksikössä. Päästöpilven aktiivisuus oli 2 MCi ja sen pituus oli 105 km ja leveys 9 km. (Tshernobyl-päästön suuruus oli 50 MCi). Alueelta evakuoitiin 10 000 ihmistä. Kuolemantapauksia ei sattunut.

Nuclear News, heinäkuu 1989

**Neuvostoliitossa** muodostettiin heinäkuussa 1989 uusi ydinvoima-, tekniikka- ja teollisuusministeriö. Se koostuu keskiraskaan koneenrakennuksen ministeriöstä ja atomienergiaministeriöstä. Uuden ministeriön tehtävistä kolmasosa liittyy maanpuolustukseen ja loput höyryä käyttävien pääasiassa ydinvoimalaitosten suunnitteluun sekä rakennemateriaalien tuotantoon.

Nuclear News, elokuu 1989

**Neuvostoliittolainen** sanomalehti Izvestia julkaisee kuukausittain maan 44 ydinvoimalaitosyksikön käyttötapaturmakatsauksen. Kesäkuussa oli 19 pakottavaa alasarjoa, joista suurin osa oli seurausta inhimillisistä virheistä.

Nuclear News, elokuu 1989

**Neuvostoliitto** on tilannut täysmittakaavaisten koulutussimulaattorien suunnittelun ja soft-ware -aineiston käyttöopastuksineen USA:n Singer Link Mines -yhtiöltä. Sopimus on arvoltaan noin 19 miljoonaa dollaria. Neuvostoliitto valmistaa paneelit ja instrumentoinnin SEV-maiden avustuksella. Simulaattorien tuleviksi sijainneiksi arvellaan Smolenskin RBMK-laitosta, Novovoronezhin VVER-koulutuskeskusta ja Zaporozhen VVER-tenologiakeskusta.

Nucleonics Week, 27.4.1989

**Puolan** teollisuusministeriö on pysäyttänyt maan toisen ydinvoimalaitosalueen tie- ja maastotyöt. Klempiz- (Varta) projektin pysäyttämisen syyt ovat taloudelliset. Alueelle on suunniteltu 4 x 1000 MW VVER -ydinvoimalaitos, mutta Puola ei ole vielä allekirjoittanut tilaussopimusta Atom energoexportin kanssa. Saksan liittotasavallan Siemens/KWU:n tiedetään neuvotelleen puolalaisten kanssa laitostoimituksesta.

Nucleonics Week, 18.5.1989

**Ranskan** valtiollinen voimayhtiö EdF päättää lähiviikkoina primaarijähdytteen lämpötilan laskemisesta 10 asteella eräissä 900 MW PWR -yksiköissä. Toimenpide vähentäisi puoleen höyrystimien tuubien jännityskorroosiosäilyä. Yksiköiden tehon pienenemistä alle 10 prosentilla pidetään kohtuullisena hintana saavutettavasta paremmasta käyttövarmuudesta.

Nucleonics Week, 2.3.1989

**Ranskalaiset** saavat vapaasti tietoa maan eri osien säteilytilanteesta. Hallituksen organisoima järjestelmä kattaa niin viranomaisten kuin ydinlaitosten mittauspisteet. Säteilytilanne tulostetaan ympäri-vuorokautisesti teksti-TV:n välityksellä. Tiedot sisältävät ydinlaitoskohtaisesti mm. päästöt ilmaan ja veteen, ilman, vesien, ruohon ja maidon aktiivisuudet sekä ympäristön säteilytason.

Nucleonics Week, 10.8.1989

**Ranskan** Gravelines 1 900 MWe PWR Framatome-yksikön höyrytimen varoventtiili oli ollut epäkunnossa yli vuoden ajan. Tilanne havaittiin vasta vuosihuollon jälkeen elokuussa 1989. Varoventtiilin toimimattomuuden syynä oli sen ohjauksjärjestelmään asennettu vääräntyyppinen ruuvi. Tapaus luokiteltiin "lähellä onnettomuutta" kategoriaan ja se aiheuttaa muutoksia voimayhtiöiden (EdF) laadunvarmistusohjelmaan.

Nucleonics Week, 24.8.1989

**Ranskan** ydinvoimalaitokset ovat kärsineet kuivasta ja kuumasta kesästä. Chinon 3 -yksikköä ei käynnistetty vuosihuollon jälkeen, koska Loire-joen pinta oli jäähdytysvedenottoaukkojen alapuolella. St. Alban 2-yksikköä ei voitu käyttää, koska Rhone-joen lämpötila olisi noussut yli sallitun. Gironde- ja Rein-joen varrella olevien yksikköjen tehoa on alennettu samasta syystä.

Nucleonics Week, 24.8.1989

**Ruotsin** Ringhals 2 840 MWe PWR Westinghouse -yksikön höyrytimet vaihdettiin alkukesällä 72 vrk:n maailmanennätysajassa. Siemens KWU vastasi vaihdosta työn kokonaissäteilyaltistuksen ollessa noin 3 manSV. Entinen höyrystinvaihdon maailmanennätys parani 2 vrk:lla sen oltua myös KWU:n hallussa Obrigheimin höyrystinvaihdosta vuodelta 1983.

Nucleonics Week, 27.7.1989

**Ruotsin** ydinvoimasta luopumispäätöstä on ryhdytty kaatamaan. Sosiaalidemokraattisen puolueen johto on kiteyttänyt toiseikat: ydinvoimasta luopuminen, hiilidioksidipäästöjen vakiinnuttaminen ja vesivoiman lisärakentamisesta pidättäytyminen ovat yhteensovittamattomia tavoitteita. Yksi on mitätöitävä, jotta kaksi muuta olisivat toteutettavissa.

Nucleonics Week, 31.8.1989

**Ruotsin** AAB Atomin polttoainetehtaalla Västeråsissa sattui vuodenvaihteessa viisi huomionarvoista turvallisuustapahtumaa, joihin ydinturvallisuusviranomaisen (SKI) puuttui. AAB Atom on saanut määräyksen esittää kokonaisselvityksen laitoksen turvallisuudesta. Tapahtumat eivät aiheuttaneet ylisuuria säteilyannoksia työntekijöille eikä ympäristöpäästöjä. Vakavin tapahtuma sattui 11.1.1989. Tällöin laitoksen turvallisuusohjeista oli poikettu sillä seurauksella, että uraaniliuosta kerätyi varastosäiliöön yli turvallisuusanalyysin rajan. Kriittisyysmarginaali kaventui tapahtumassa huomattavasti.

SKI telex, 27.1.1989

**Ruotsin** Oskarshamn 3 1065 MW BWR ABB Atom -yksiköllä tapahtui joulukuussa 1988 polttoainevuoto, joka pysäytti yksikön kahdeksi viikoksi. Suoritetussa sippauksessa vuodon havaittiin tulevan yhdestä pahasti vaurioituneesta polttoainesauvasta. Voimayhtiön (OKG) polttoainepäällikkö Birger Almgren ilmoitti em. ABB Atomin polttoaineesta olevan yleensä hyviä kokemuksia. Oskarshamn 1 -yksiköllä on kuitenkin ryhdytty käyttämään Siemensin polttoainetta.

Nucleae Fuel, 9.1.1989

**Ruotsin** ydinturvallisuusviranomaisen SKI ei ole toistaiseksi hyväksynyt ABB Atomin hakemusta nostaa rikastetun uraani 235:n käsittelyväkevyttä neljästä viiteen prosenttiin polttoainetehtaalla Västeråsissa. SKI odottaa laitoksen turvallisuusarviota, joka määrättiin tehtäväksi vuoden vaihteessa sattuneiden käytövirheiden vuoksi.

Nuclear Fuel, 6.2.1989

**Ruotsissa** säteilytyöntekijän elinaikaisen säteilyannoksen rajaksi on asetettu 700 mSv, mistä saa kertyä enintään 180 mSv 30 vuoden ikään mennessä. Uudet määräykset astuvat voimaan vuoden 1990 alusta.

SSI strålskyddsnytt, 6.4.1989

**Ruotsin** Forsmark 3 -yksikkö varustetaan ABB:ltä tilatulla uudella turpiinin säätöjärjestelmällä. Kyseessä on ensimmäinen kerta Ruotsissa kun yksikanavainen järjestelmä korvataan kolmikanavaisella ohjelmoitavalla säätöjärjestelmällä. Voimayhtiö uskoo saavuttavansa muutoksella miljoonien kruunujen säästön vuosittain.

Nucleonics Week, 15.6.1989

**Saksan** liittotasavallan Neckarwestheim GKN 2 1300 MW PWR Siemens KWU -yksikkö kytkettiin ensimmäisen kerran valtakunnan verkkoon tammikuussa 1989. Yksikön rakentaminen aloitettiin marraskuussa 1982 ja se on maan 24. laitossyksikkö.

Atw News, helmikuu 1989

**Saksan** liittotasavallan ydinpolttoainevalmistus on uudelleenorganisoitu. Uusi valmistaja on nimeltään Siemens Brennelementewerk Hanau (SBH) ja se koostuu Reaktor-Brennelement Union mbH:sta (RBH) ja Alkem GmbH:sta. Uusi valmistaja kuuluu Siemensin Kraftwerk Union -ryhmään.

Nuclear Fuel, 23.1.1989

**Saksan** liittotasavallan käytöstäpoistetun Niederaichbach -yksikön erittäin vähäaktiivinen purkuromu sulatetaan induktiouunissa, joka valmistui äskettäin Karlsruhe ydintutkimuskeskukseen. Putkista ja venttiileistä koostuvaa romua on 1700 tonnia ja sen kokonaisaktiivisuus on 0,1 terabequerelia (3 Ci). Materiaalista valmistetaan säteilysuojia tutkimuskäyttöön.

ATW News, heinäkuu 1989

**Sveitsin** Mühleberg-ydinvoimalaitoksella tilapäissiivoojana ollut mies syyttää voimayhtiötä turvallisuus- ja säteilysuojelutoimenpiteiden laiminlyönnistä. Väitteensä tueksi hän esittää 120 ottamaansa valokuvaa. Voimayhtiön mukaan "kontaminaatiokauhua" poteva mies siivosi ainoastaan valvomatonta aluetta, missä säteilysuojauksia ei tarvita. Sveitsin ydinturvallisuusviranomaisen (HSK) on pyytänyt voimayhtiöltä selvitystä kameran salakuljetuksesta laitokselle. Huolestumisen syyinä on muiden esineiden, kuten räjähteiden, potentiaalinen sisäänkulkeutumismahdollisuus tilapäistyövoiman mukana.

Nucleonics Week, 17.8.1989

**Taiwanin** Maanshan 1 950 MW PWR Westinghouse -yksikkö on ollut pysäytetty elokuusta 1988, jolloin havaittiin paisumista hafnium-säätösauvoissa. Säätösauvat korvataan tavanomaisella hopea-indium-cadmium-sauvoilla. Hafnium paisuu joutuessaan tekemisiin vedyn kanssa. Ongelma tuli esiin pikasulun yhteydessä, kun yksi sauvoista ei mennyt kokonaan sisään, vaikka järjestelmä toimi muuten normaalisti. Westinghouse keskeyttää hafnium-säätösauvojen valmistuksen toistaiseksi. Em. säätösauvoja on käytössä Maanshanin lisäksi kymmenellä USA:n yksiköllä.

Nucleonics Week, 16.2.1989

**Unkarin** Paks 2 440 MW VVER -yksikön nimellisteho aiotaan nostaa 460 MW:iin. Primaaripiirin lämpötilavaihteluvälin suuruus kasvasi tällöin 0,6–0,7°C, mikä todetaan alustavassa selvityksessä hyväksyttäväksi. Mekaanisista muutoksista ei ole ilmoitettu.

Nucleonics Week, 27.4.1989

**USA:n** Crystal River 3 868 MW PWR Babcock & Wilcox -yksiköllä sattui pääkiertopumpun akselin katkeaminen 18.1.1989. Akseli oli tarkastettu korkean värinätason vuoksi kuukausi aikaisemmin ainetta rikkomattomilla menetelmillä,

mutta huolestuttavia indikaatioita säröistä ei havaittu. Yksikköä käytetään toistaiseksi kolmella pääkiertopumpulla.

Nucleonics Week, 26.1.1989

**USA:n** St. Lucie 2 842 MW PWR Combustion Engineering (CE) -yksikkö oli 100,78 % energiakäyttökertoimellaan maailman paras vuonna 1988. Yksikön sähköntuotanto ei keskeytynyt kertaaakaan koko vuonna. Loviisa I oli 15., TVO I 16. ja TVO II 17. Vuoden 1988 suurin sähköntuottaja oli USA:n Palo Verde 3 1307 MW PWR CE -yksikkö 10,8 terawattitunnin tuotannollaan.

Nucleonics Week, 2.2.1989

**USA:n** TMI-2 onnettomuusreaktorin paineastia tyhjennetään alkuvuonna 1989 polttoainesulajäämistä. Tämän jälkeen alapäädyistä irrotetaan näytepaloja, jotka tutkitaan mahdollisten ylikuumentumisvaurioiden selvittämiseksi. Tutkimuksiin osallistuu USA:n lisäksi 10 OECD/NEA-maata (mm. Suomi, jonka osuutta säteilyturvakeskus koordinoi).

Nuclear News, maaliskuu 1989

**USA:n** Arkansas Nuclear One 2:n 853 MWe PWR Combustion Engineering -yksiköllä tapahtui 18.4.1989 putkirepäämä 14 tuuman poistohöyrylinjassa. Repäämä oli ns. kalansuutyypin ja se oli 180 astetta leveä ja noin 3 tuumaa korkea. Putken seinämä oli ohentunut repäämäkohdassa 0,37 tuumasta 0,12 tuumaan erootiorroosion aiheuttamana. Suoran putken kulumisen joutui lähellä sijaitsevan putkiyhteen aiheuttamasta pyörteellisyydestä märkähöyryvirtauksessa. Yksikkö otettiin käyttöön 1978. NRC pitää tapausta geneerisenä ja vaatii suorien hiiliteräsputkiosuukien määräaikaistarkastamista vastaavissa kohdissa. Eri laitosten putkistojen määräaikaistarkastusohjelmista löytyi epätyydyttäviä käytäntöjä tehdyissä tarkastuksissa.

Nucleonics Week, 11.5.1989

**USA:n** North Anna 1 982 MWe PWR -yksikön 17×17 Westinghouse-polttoainenuppu on saavuttanut PWR-palamaennätyksen suuruudeltaan 58 417 MWd/tU. Nippu oli ollut sydämessä neljä latausjaksoa.

Nuclear News, heinäkuu 1989

**USA:n** Oconee 1 934 MW PWR Babcock & Wilcox -yksiköllä on saavutettu kevytvesireaktorien polttoainenuipun keskiarvopalaman maailmanennätys 58 310 MWd/tU. Entinen ennätys parani noin 1 000 MWd/tU.

Nuclear News, huhtikuu 1989

**USA:n** ydinturvallisuusviranomaisen NRC:n uudeksi puheenjohtajaksi on nimetty komissioneri vara-amiraali Kenneth Cerr 1.7.1989 alkaen. Cerr korvaa Lando Zech'n. Cerr palveli laivastossa mm. ydinsukellusvene USS Nautiluksen käyttöönottajana vuonna 1953 ja päällystössä vuoteen 1960 asti. Cerr jäi eläkkeelle laivastosta vuonna 1985.

**USA:n** TMI 2 onnettomuusreaktorin paineastian pohjalla on jähmettynyttä sydänsulaa noin 50 cm paksuudelta päädyn keskellä ja sen paino on noin 30 tonnia. Polttoainejäänteet pyritään poistamaan reaktorista vuoden 1989 aikana, minkä jälkeen yksikkö saatetaan valvottuun säilytystilaan vuoden 1990 loppuun mennessä useaksi kymmeneksi vuodeksi.

Nuclear News, kesäkuu 1989

**USA:n** Calvert Cliffs 2 825 MWe PWR -yksikkö sai ensimmäisenä amerikkalaisena yksikkönä päätökseen kahden vuoden pituisen käyttöjakson yhdellä latauksella. Jakson käyttökertoimeksi tuli 78,5 %.

Nuclear Engineering International, toukokuu 1989

## English Abstracts

### Special issue: Annual outages

#### Editorial: Outages, Availability and Reputation

Heikki Raumolin (page 1)

The Finnish nuclear power plants are known for their high availability factors. When studying the reasons for the good availability short annual outages play a

central role. High availability and short outages don't give us only a good reputation. It is often said that in Finland we take risks and trust the luck. In this issue ATS Ydintekniikka tries to point out, which are the key facts in making the outages as short as possible in a safe and reliable way.

## **The Finnish Power Supply System and Planned Outages of Nuclear Power Stations**

*Pekka Vile (pages 2—3)*

The planned annual outages of the four Finnish nuclear power units take place during May-September when consumption of electricity is about 30 % less than in winter. The replacing energy is supplied mainly by coal condensing power and temporary imports from Sweden.

## **The Role of the Regulatory Body (STUK) in Shutdowns at Nuclear Power Plants**

*Olli Nevander (page 4)*

The regulatory inspections related to shutdowns are apart of the plant supervision undertaken by STUK. The purpose of the supervision is to assure that the work to be performed during a shutdown is carefully planned, done in accordance with relevant plans and approved procedures and documented properly. The STUK particularly aims at ensuring that the plant is technically in acceptable condition before the start-up.

Specially refuelling outages are to be supervised in many different ways. Supervision of repairs and modifications by the STUK is based on the safety classification documents. The STUK conducts the audits either regularly or to the extent deemed necessary, as provided by the various guides and decisions by the STUK. The reports of the refuelling outage shall be delivered to the STUK.

## **Outage Management in TVO Olkiluoto Nuclear Power Plant**

*Magnus von Bonsdorff (pages 5—7)*

Scheduled and unscheduled outage times in Olkiluoto nuclear power plant have been short and occupational radiation exposure has been low. The article outlines some principles and methods employed by TVO to achieve speedy and successful annual outage shutdowns.

## **Trends in Nuclear Power Station Maintenance**

*Arvo Vuorenmaa (pages 8—9)*

Due to the structure of electric power production and consumption in Finland, optimization of the production of NPS Loviisa requires two things

- minimum disturbances during operation
- minimum duration of the outages.

These requirements remain the same in the future.

Huge efforts have been made in planning and scheduling of the outages. The results of these efforts can be seen as reduced outage duration and increased load factors. Significant contribution to planning and condition monitoring also in the future should help in keeping the reached level.

The maintenance of NPS Loviisa is based on a strong use of outside contractors. The trend in maintenance services in Finland has been specializing. The plant maintenance organization should be developed to the same direction. Plant maintenance should specialize in the areas where it is strong, that is "plant know-how" including process knowledge, equipment maintenance and condition monitoring experiences, tech. specs and their limitations on overhauls and scheduling etc.

Big efforts should be made in motivation and training of plant personnel. This means versatile training programs, good tools and working conditions and challenging tasks.

## **Planning and Execution of an Annual Outage**

*Arvi Vaitinen (page 10)*

The main differences in outages between conventional and nuclear power plants are dealt with. The main factors affecting to the planning (safety regulations, high amount of employees, etc.) and the main phases of an outage are described.

## **The Outage at Loviisa in 1989**

*(pages 11—15)*

In 1989 it was the turn of the so called short outage at both Loviisa units. The duration is depending on the reactor fuel change and associated reactor dismantling and reassembly work. The savings in time gained in the reactor work during previous years and exceptional amount of modifications during the outage 1989 once again clearly showed that at neither unit it was not the reactor work that was critical.

The outage at Loviisa 1 started on July 8. The capacity factor during the operating period calculated from 1988 annual outage (shutdown and startup included) was 99 %. During the operating period LO1 had one hot shutdown and two turbine trips. The most significant incident during the LO1 outage was a hole caused by erosion found in the feedwater collector of a steam generator. The repair caused a delay of three days. The LO1 outage lasted for 24 days.

Apart from the usual maintenance work to be performed during a short outage, extensive basic improvements were performed at Loviisa 2. The most important of these were the tubes of the new standby emergency feedwater system inside the containment, replacing of one feedwater pump and renewal of the heat exchanger piping of one sea water condenser. LO2 was disconnected from the network on July 29. The load factor during the operating period was 99 %. During the operating period LO2 had one cold shutdown and no turbine or reactor trips. The refuelling with associated work was performed in 14 days, which would make an outage of 18 days possible. The outage of LO2 lasted 21,5 days.

## **Impurities in Control Rod Drive Mechanisms**

*Ahti Toivola (pages 16—17)*

Metal sand found in control rod drives prevented the withdrawal of some control rods after a scram on September 7, 1989 at TVO I. All control rod drive mechanisms and reactor internals were cleaned during a 44 day long outage before the plant was again taken into service. The origin of the sand still remains unknown.

## **WEC: Nuclear Power Requested**

*Juhani Santaholma (pages 18—19)*

Energy and environment was the "Issue" of the 14th Congress of the World Energy Conference in September in Montreal. Global warming and green house effect were subjects of discussion. Nuclear power was rising up again after knock down in Chernobyl. This was a common request reflecting the global view of the energy community. However, institutional questions (public acceptance and decision making procedures) were considered a problem rather than energy resources or technology.

## **Uranium Splitting in the Science Center Heureka**

The Finnish Nuclear Society arranged a "Splitting the Atom" theme week in mid-September in collaboration with the Heureka Science Center. The most important part of the week was the radiation and nuclear energy exhibition, which was open to the public during the whole week. About 10000 people visited the exhibition. The theme week was launched by the ATS meeting. The presentations by the President of the ATS, Ilkka Mikkola, by the Secretary General of the Ministry of Education, Jaakko Numminen and by the President of the ENS, Hans-Henning Hennies, are published.

