

# ATS Ydintekniikka 2/1984

OLLI TIAINEN - IN MEMORIAM		Al
TVO - KATSAUS	Magnus von Bonsdorff	1
SEURAN VUOSIKOKOUKSESTA		3
ATS:N ULKOMAAN EKSKURSIO 1984		5
SUOMEN YDINVOIMALAITOSTEN KÄYTÖSTÄ		6
STL MUUTTUI STUK:ksi		13
ELDORADO ESITTÄYTYI	Klaus Sjöblom	15
SIZEWELL B - PAPERIA, PUHEITA,...	Klaus Sjöblom	18
USA:N YDINVOIMALAITOSTEN KALLEUDESTA	Lasse Mattila	22
RANSKAN YDINVOIMATEOLLISUUS ESITTÄYTYI	Klaus Sjöblom	25
PREVENTION OF STRESS CORROSION CRACKING...	Dr John Hickling	34
YMPÄRISTÖTIETEET JA YDINENERGIA	Matti J Jantunen	36
YDINVOIMALAITOSMATERIAALIEN KORROOSIOTUTKIMUS VTT:llä	H.Hänninen ja P.Aaltonen	40
YDINVOIMA JA JOUKKOTIEDOTUSVÄLINEET	Björn Wahlström	47
YDINJÄTESEMINAARI 17.4.1984	Mikko Kara	51
KÄYTETYN POLTTOAINEEN KALLIOPERÄTUTKIMUKSET VUOSINA 1983...1985	Veijo Ryhänen	64

# ATS YDINTEKNIikka

NUMERO

2/1984 Syyskuu

JULKAISIJA

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

## TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA TKT HEIKKI REIJONEN PUH. 90-465 712	VTT TECHNOLOGY OY REVONTULENTIE 7 02100 ESPOO
ERIKOISTOIMITTAJA TKT MIKKO KARA PUH. 938-18220	TEOLLISUUDEN VOIMA OY 27160 OLKILUOTO
ERIKOISTOIMITTAJA DI KLAUS SJÖBLOM PUH. 915-550431	IMATRAN VOIMA OY, LOVIISAN VOIMALAITOS 07900 LOVIISA
TOIMITTAJA FM LAUNO TUURA PUH. 90-6172471	HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS PL 469 00101 HELSINKI

## JOHTOKUNTA

PUHEENJOHTAJA DI HEIKKI RAU MOLIN PUH. 90-605022	TEOLLISUUDEN VOIMA OY FREDRIKINKATU 51-53 00100 HELSINKI 10	JOHTOKUNNAN JÄSEN TKL JUUKA LAAKSONEN PUH. 90-61671	SÄTEILYTURVAKESKUS KALEVANKATU 44 00180 HELSINKI
VARAPUHEENJOHTAJA DI MATTI KOMSI PUH. 90-6160383	IMATRAN VOIMA OY EERIKINKATU 27 00180 HELSINKI	JOHTOKUNNAN JÄSEN TKT KARI TÖRRÖNEN PUH. 90-4565391	VTT/METALLILABORATORIO METALLIMIEHENKUJA 6 02150 ESPOO 15
SIHTEERI DI ESKO TUSA PUH. 90-6944811	IMATRAN VOIMA OY PL 138 00101 HELSINKI	JOHTOKUNNAN JÄSEN DI HARRY VIHARIÄVAARA PUH. 90-648435	SÄHKÖTUOTTAJAJEN YHTEISTYÖ- VALTUUSKUNTA (STYV) LÖNNROTINKATU 4 B 00120 HELSINKI 12
RAHASTONHOITAJA FM LEENA KATAJAPURO PUH. 90-4512826	TKK/KIRJASTO OTANIENTIE 9 02150 ESPOO 15		

## TOIMIHENKILÖT

YLEISSIHTEERI DI LIISA MÄKI PUH. 90-6160510	IMATRAN VOIMA OY EERIKINKATU 27 00180 HELSINKI 18	EKSKURSIOSIHTEERI DI PERTTI SALMINEN PUH. 90-648931	VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB. LÖNNROTINKATU 37 00180 HELSINKI 18
KANS.VÄL. YHTEYKS.SIHT. DI KLAUS KILPI PUH. 90-4564148	VTT/E-OSASTON KANSLIA VUORIMIEHENTIE 5 02150 ESPOO	ATS-INFO PUHEENJOHTAJA TKT SEPPÖ VUORI PUH. 90-648931	VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB. LÖNNROTINKATU 37 00180 HELSINKI

LEHDESSÄ JULKAISTUT ARTIKKELIT EDUSTAVAT  
KIRJOITTAJAJEN OMIA MIELIPITEITÄ, EIKÄ  
NII DEN KAIKISSA SUHTEISSA TARVITSE VASTATA  
ATS:IN KANTAA.



Olli Tiainen

IN MEMORIAM

Suomen Atomiteknillinen Seura menetti 4. huhtikuuta sen toimintaan ja kehitykseen merkittävästi vaikuttaneen jäsenen, kun tekn.tri Olli J A Tiainen poistui luotamme vaikean sairauden jälkeen.

Olli Tiainen kutsuttiin seuran jäseneksi vuonna 1970. Siitä lähtien hän osallistui seuran toimintaan hyvin aktiivisesti. Seuran johtokunnassa hän oli vuosina 1974...1976, joista vuodet 1975...1976 varapuheenjohtajana. Kolmivuotiskautena 1977...1979 hän toimi seuran puheenjohtajana. Hänen puheenjohtajakautenaan ATS:n kansainväliset yhteydet kehittyivät. Vuonna 1975 perustetun European Nuclear Societyn (ENS) toimintaan Olli Tiainen osallistui myös merkittäväällä panoksella. Vuodesta 1980 lähtien hän toimi ATS:n kansainvälisten asiain hoitajana, jossa yhteydessä hän oli ENS Steering Committeeen jäsen niin ikään vuodesta 1980 lähtien. Lisäksi hän oli ENS:n Boardin ja General Assemblyn jäsenenä vuodesta 1982 lähtien. Vuonna 1983 Olli Tiainen nimitettiin ENS:n varapuheenjohtajaksi.

Olli Tiainen valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisen korkeakoulun teknillisen fysiikan osastolta vuonna 1968. Tämän jälkeen hän teki puolijohteitten säteililyvaurioihin liittyvää tutkimustyötä Otaniemen reaktorilaboratoriossa ja väitteli tekniikan tohtoriksi 1972. Hänen kiinnostuksensa tutkimukseen ja opetukseen jatkui senkin jälkeen, kun hän siirtyi energiantuotannon palvelukseen. Hän toimi dosenttina Lappeenrannan teknillisessä korkeakoulussa vuodesta 1974 lähtien mm. ohjaten useita diplomitöitä.

Pääasiallisen elämäntyönsä Olli Tiainen teki Helsingin kaupungin energialaitoksen palveluksessa vuodesta 1972 lähtien. Hän toimi laitoksella ydintekniikan asiantuntijana ja ydintekniikan toimiston päällikkönä.

Osoituksena Olli Tiaisen arvostuksesta asiantuntijana on hänen

jäsenyytensä useissa ydinenergia-alan toimikunnissa ja työryhmissä. Näistä voidaan mainita Atomiasiain turvallisuustoimikunta (ATT), VTT:n kahden tutkimusprojektin tukiryhmät ja INSKO:n ydinenergia-alan valtakunnallinen asiantuntijatoimikunta. Näiden ryhmien työssä Olli Tiaisen panos oli arvokas. Rauhallisella ja asiantuntevalla esiintymisellään hän usein vaikutti ratkaisujen syntymiseen vaikeissakin tilanteissa.

Olli Tiaisen erityisen kiinnostuksen kohteena oli ydinenergia-alan tiedotustoiminta. Hänen puheenjohtajakautenaan ja suureksi osaksi hänen ansiostaan ATS muun muassa julkaisi kirjasen "Energiahuolto ja ydinenergia". Hän osallistui aktiivisesti myös Suomen Voimalaitosyhdistyksen ydinvoima-alan informaatiojaoston toimintaan.

Olli Tiaisen kanssa kosketuksissa olleet muistavat hänet henkilönä, joka omalla positiivisella ja persoonallisella tavallaan sai asiat sujumaan joustavasti ja mutkattomasti.



Magnus von Bonsdorff

## TVO - KATSAUS

On tullut kuluneeksi kymmenen vuotta siitä, kun työt ydinvoimalaitospaikalla Olkiluodossa täysimittaisesti käynnistettiin. Vuonna 1974 määriteltiin lopullisesti Teollisuuden Voima Oy:n ja ASEA-ATOMin välillä TVO I -laitosyksikön toimitus, solmittiin ensimmäinen rikastussopimus neuvostoliittolaisen V/O Techsnab-exportin kanssa sekä sovittiin uraanin hankinnasta ja jalostuksesta kanadalaisen Eldorado Nuclear Ltd:n kanssa. Rakennustöihin ryhdyttiin Olkiluodossa jo saman vuoden alussa. TVO II:n alustava tilaussopimus tehtiin syksyllä 1974.

Olkiluodossa on tähän mennessä tuotettu sähköä koko Suomen yhden vuoden kulutusta vastaava määrä. Yhtiön sähköntuotanto on kahden viimeksi kuluneen vuoden aikana vakiintunut hyvälle tasolle. Länsimaissa käytössä olleiden 235 ydinvoimalaitoksen joukossa TVO I sijoittui 32:lle ja TVO II 15:lle tilalle vuoden 1983 käyttökerrointilastoissa. Laitoksen yhteistuotanto viimeksi kuluneiden 12 kuukauden ajalta (maaliskuu 1983 - maaliskuu 1984) ylitti ensimmäisen kerran 10 TWh:n rajan maaliskuussa 1984.

Kummankin laitoksen reaktoriteho on viime kesän vuosihuoltoseiso-keista lähtien ollut 3% yli nimellistehon. Vuoden ensimmäisen kolmanneksen tilastojen mukaan TVO I:n käyttökerrotimeksi on tullut 103% ja TVO II:n 100%. TVO II:n toimintaa on jonkin verran häirinnyt turbiinin merivesilauhduttimien putkivuotojen aiheuttamat tulppaustoimenpiteet. TVO II:n vuosihuoltoseisokki alkoi 4.5.1984 ja TVO II:n on suunniteltu alkavaksi 15.6.1984.

Teollisuuden Voima Oy:n taloudellinen tila on hyvä. Sähkön myyntituotot vuonna 1983 olivat 1431 miljoonaa markkaa ja tulos toteutui suunnitelmien mukaan. Tehdyt poistot ylittivät yhtiön poistosuunnitelman mukaisen määrän. Sähkön keskihinta osakkaille toimitet-

tuna sähkövero mukaanlukien oli 15,5 p/kWh. Kauppa- ja teollisuusministeriö myönsi laitousyksiköille uudet määräaikaiset käyttöluvut vuoden 1983 lopussa. Ydinjätehuolto oli yleisön ja poliittisten päättäjien erityisen mielenkiinnon kohteena. Ydinjätehuoltonsa varmistamiseksi TVO noudattaa valtioneuvoston marraskuussa 1983 tekemää periaatepäätöstä, jonka edellyttämät toimenpiteet ja aikataulut sisältyvät myös käyttö lupien ehtoihin.

Näiden suunnitelmien ja päätösten mukaisesti ovat mm. käytetyn polttoaineen välivaraston aluerakennustyöt parhaillaan menossa Olkiluodossa. Laviassa porataan syvä tutkimusreikä peruskallioon. Tämän porareiän avulla on tarkoitus kehittää ja harjoitella koeporaus-tekniikkaa ja kallioperätutkimusmenetelmiä niitä koeporauksia varten, jotka tähtäävät käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikan löytämiseen vuosisadan vaihteeseen mennessä.

Nämä tärkeät toimenpiteet ja laitousyksiköiden hyvä käytettävyys luovat suotuisat edellytykset yhtiön toiminnalle.

Olkiluodossa, huhtikuussa 1984

Magnus von Bonsdorff

## SEURAN VUOSIKOKOUKSESTA JA TOIMINNAN TOTEUTTAJISTA

Seuran vuosikokouksessa käsiteltävät asiat saatiin käytyä läpi hyvässä järjestyksessä ja yksimielisin päätöksin. Johtokunnan eli hallituksen valinta oli ehkä mielenkiintoisin.

Johtokunnan ja samalla yhdistyksen puheenjohtajaksi valittiin Heikki Raumolin uudelleen. Varapuheenjohtajaksi valittiin Matti Komsu ja sihteeriksi Esko Tusa, molemmat Imatran Voima Oy:stä. Rahastonhoitajana jatkaa Leena Katajapuro. Muut hallituksen jäsenet ovat Jukka Laaksonen, Kari Törrönen ja Harry Viheriävaara.

Yhdistyksen jäsenmaksuksi vahvistettiin 60 mk/vuosi tavalliselta jäseneltä ja 1200 mk/vuosi kannatusjäseneltä. Yhdistyksen liittymismaksu on 60 mk.

Yhdistyksen vuosikokouksessa johtokunta velvoitettiin kiinnittämään huomiota Tiedekeskus-hankkeeseen ja Tekniikan Museon ydinteknillisen osaston perustamiseen. Leena Katajapuro tulee pitämään yhteyksiä Tiedekeskukseen ja Jukka Laaksonen selvittää ATS:n mahdollisuuksia tukea Tekniikan Museon osaston perustamista.

Yhdistyksen toiminnasta vastaa tietenkin johtokunta, joka on delegoinut tehtäviä isolle joukolle toimihenkilöitä ja toimikunnille:

- Yleissihteeri Liisa Mäki, 1.8. alkaen Lauri Rantalainen
- Kva-sihteeri Klaus Kilpi pl 138, Hki 10
- Ekskursiosihteeri Pertti Salminen p. 6090949
- ATS Ydintekniikka -lehden toimitusvaliokunta
  - Heikki Reijonen päätoimittaja
  - Mikko Kara erikoistoimittaja
  - Klaus Sjöblom "
  - Launo Tuura toimittaja
- ATS-info
  - Seppo Vuori puheenjohtaja
  - Heikki Kalli
  - Harry Viheriävaara
  - Nils Björklund
  - Heikki Niininen
  - Pertti Siltanen
  - Reijo Sundell
  - Frej Wasastjerna
- Ekskursiotoimikunta
  - Antero Raade puheenjohtaja
  - Paavo Holmström
  - Klaus Kilpi
  - Launo Tuura
  - Pertti Salminen sihteeri
- Sanastotoimikunta

- Sanastotoimikunta
  - Kalevi Karling puheenjohtaja
  - Martti Kätkä
  - Ilari Aro
  - Hannu Härkönen

Yhdistyksen edustus:

- Sähköinsinöörijärjestöt
  - Matti Komsu, varalla Harry Viheriävaara
- Tekniikan Alojen Valtakunnallisten Yhdistysten Neuvottelukunta (TAVYN)
  - Kari Törrönen, varalla Esko Tusa
- Tieteellisten Seurojen Neuvosto
  - Anneli Salo, varalla Anna-Liisa Savolainen
- Tekniikan Sanastokeskus ry.
  - Kalevi Karling, varalla Hannu Härkönen
- Sähkö -lehden toimitusneuvosto
  - Heikki Reijonen, varalla Klaus Sjöblom
- European Nuclear Society (ENS) komiteat
  - Steering Committee Klaus Kilpi
  - Information Committee Seppo Vuori
  - Finance Committee Leena Katajapuro
  - Planning Committee Heikki Raumolin
  - Programme Committee Ami Rastas
  - "Nuclear Europe" Editorial Advisory Committee Lasse Mattila
- "Nuclear Europe" -lehti
  - Board of Management Klaus Kilpi
  - toimitusvaliokunta Lasse Mattila
  - pääkirjeenvaihtaja Launo Tuura
  - kirjeenvaihtajat 11 henkilöä eri aloilta
- American Nuclear Society (ANS)
  - Esko Tusa yhdyshenkilö ANS:iin

LT



## SYKSYN ULKOMAAN EKSKURSIO

ATS:n ulkomaan ekskursio tullaan tekemään tänä vuonna Pohjois-Amerikkaan 3...18.11.1984. Ekskursiovalmistelut ovat jo pitkällä ja tutustumiskohteet ovat suurin piirtein selvillä. Matkareitti on Helsinki - New York - Buffalo - Toronto - Chicago - Knoxville - Chattanooga - Orlando - Pittsburgh - Washington - New York - Helsinki. Tutustumiskohteista mainittakoon seuraavat:

Buffalo	Niagararan putoukset (4.11.)
Toronto	Eldorado konversiolaitos, Candu-reaktori, Canadian Nuclear Association'in vastaanotto (5...6.11.)
Chicago	Argonne-laboratories, Commonwealth Edison (7.11.)
Knoxville	Oak Ridge laboratories (8.11.)
Chattanooga	Combustion Engineering paineastiategas (9.11.)
Orlando	Disney World, Cape Kennedyn avaruusasema (10...11.11.) Power & Light St. Lucie -voimalaitos (12.11.)
Pittsburgh	Westinghouse (13.11.)
Washington	ANS/ENS Meeting, jonka yhteydessä ANS-seminaari sekä kulttuuria (14...15.11)

ANS/ENS kokoukseen osallistuville järjestetään mahdollisuus osallistua vain ekskursion ensimmäiselle viikolle ja heidän matkajärjestelynsä voidaan hoitaa halutuilta osin keskitetysti ATS:n kautta. Ekskursioasiaa hoitaa ATS:ssa DI Pertti Salminen, VTT, p.90-648931.

SUOMEN YDINVOIMALAITOSTEN KÄYTÖSTÄ AJALTA HUHTIKUU 1983 -  
MAALISKUU 1984

Ydinvoimalla tuotettiin sähköä vältäkunnan verkkoon huhtikuu 1983 - maaliskuu 1984 välisenä aikana yhteensä 16 915 GWh. Suomen sähkölaitosyhdistyksen tilastojen mukaan sähkön kulutus oli Suomessa vastaavana aikana 46 317 GWh. Ydinvoimalla tuotetun sähkön osuus kulutuksesta oli siten 36,5%.

Kaikki laitossyksiköt eli Loviisa 1 ja 2 sekä TVO I ja II olivat tuotantokäytössä, ja ne toimivat varsin hyvin koko tarkastelujakson ajan, eikä niiden turvallisuuden kannalta erityisen merkittäviä tapahtumia tai havaintoja ollut. Niinikään mikään tapahtuma tarkastelujakson aikana ei ole vähentänyt oleellisesti laitosten turvallisuutta eikä aiheuttanut säteilyvaaraa niiden henkilökunnalle tai ympäristölle. Mikään tapahtuma ei ole myöskään luokiteltavissa turvallisuuden kannalta erityisen merkittäväksi. Tapahtumat ovat olleet pääasiassa erilaisia laitevikoja tai lyhyeen tehonalennukseen johtaneita pienehköjä häiriöitä. Laitosten turvallisuuden analysoinnin tai tarkastustoiminnan perusteella ei ole todettu seikkoja, jotka olisivat aiheuttaneet käyttöä rajoittavia toimenpiteitä.

Työntekijöiden saamat säteilyannokset samoin kuin radioaktiivisten aineiden päästöt ympäristöön ovat olleet huomattavasti alle viranomaisten asettamien rajojen.

Teollisuuden Voima Oy tutkii mahdollisuuksia nostaa laitossyksiköittensä tehoa. Uudeksi tehotasoksi suunnitellaan 108%, mikä vastaa nettotehoa 710 MW. Vuosihuoltojen jälkeen 1983 aloitettiin molemmilla laitossyksiköillä noin vuoden kestävä koe 103 %:n teholla. Syys-lokakuussa suoritettiin myös lyhytaikainen 106 %:n tehokoe sekä TVO I:llä että TVO II:lla

Säteilyturvakeskus (STUK) antoi 6.3.1984 luvan aloittaa TVO:n käytetyn polttoaineen välivaraston (KPA) rakentamisen.

## Loviisa 1

Loviisa 1 tuotti sähköä keskeytyksettä heinäkuuhun asti, jolloin laitosyksikkö pysäytettiin muutamaksi päiväksi pääkiertopumpun korjaamiseksi. Syyskuun puolivälissä alkoi vuosihuolto ja polttoaineen kuudes vaihtolataus. Lokakuun puolivälissä päättyneen seisokin jälkeen Loviisa 1 toimi loppuvuoden ilman keskeytyksiä. Alkuvuosi 1984 laitosyksikköä käytettiin varsin tasaisesti 100 % teholla.

## Loviisa 2

Loviisa 2:lla oli yksi lyhytaikainen keskeytys huhtikuussa ja yhden kerran sähköntuotanto keskeytyi heinäkuussa, kun kaikki säätösauvat sähkönsyötössä tapahtuneen häiriön seurauksena putoivat asianmukaisesti reaktoriin ja aiheuttivat reaktorin sammumisen.

Loviisa 2 laitosyksikön vuosihuolto ja polttoaineen kolmas vaihtolataus suoritettiin loka-marraskuussa. Muita sähköntuotannon keskeytyksiä ei ollut.

Niinkään kakkosyksikköä käytettiin varsin tasaisesti 100 %:n teholla vuosihuollon jälkeen tarkastelujakson loppuajan.

## TVO I

TVO I laitosyksikkö tuotti sähköä koko polttoainelatausten välisen ajan kesäkuusta 1982 toukokuun 1983. Vuosihuollon ja polttoaineen vaihdon jälkeen laitos käynnistettiin uudelleen kesäkuun lopussa.

Heinäkuussa yksikkö ajettiin lyhytaikaisesti alas boorijärjestelmän eristysventtiilin korjaamiseksi. Ylösajossa tapahtui reaktorin pikasulku. Tämän jälkeen laitosyksikkö toimi pienentyneen sähköntarpeen takia alennetulla teholla elokuun puoliväliin asti. Tämän jälkeen laitosta käytettiin melko tasaisesti 103 %:n teholla. Yksi lyhytaikainen sähköntuotannon keskeytys tapahtui joulukuussa ja helmikuussa turbiinipuolen ongelmien takia.

Mainittakoon vielä, että syyskuun 1983 loppupuolella suoritettiin laitosyksiköllä 106 %:n tehokoe, joka sisältyi edellä mainittuun tehonkorotustutkimukseen.

## TVO II

TVO II tuotti sähköä tarkastelujakson alusta kesäkuun loppupuolelle saakka, jolloin sen polttoaineen vaihto ja vuosihuolto aloitettiin. Kesäkuun lopussa alkanut vuosihuolto jatkui heinäkuun puoliväliin. Tämän jälkeen aloitettiin myös kakkosyksiköllä noin vuoden kestävä koe 103 %:n teholla.

Elokuussa oli neljä sähköntuotannon keskeytystä: kaksi turbiinin pikasulkuja, turbiinilaitoksen automaattinen alasajo ja turbiinilaitoksen venttiilien korjaamiseksi suoritettu alasajo. Reaktorin pikasulkuja tapahtui kaksi jälkimmäisen turbiinipikasulun yhteydessä laitosta ylösajettaessa sähköntuotannon ollessa jo keskeytyneenä. Alkuseykset olivat turbiinilauhduttimen virheellinen lämpötilamittaus ja höyrylinjojen eristysventtiilien käsittelyvirhe.

Syys-lokakuun vaihteessa tuotanto keskeytyi välitulistimen korjauseisokin vuoksi ja vielä kerran lokakuussa turbiinin pikasulun seurauksena.

Koe 106 %:n teholla tehtiin lokakuun loppupuolella.

Pienentyneen sähköntarpeen vuoksi laitosyksikköä ajettiin osateholla joulukuun loppupuolella.

Alkuvuodesta 1984 sähköntuotanto keskeytyi kaksi kertaa: kerran tammikuussa turbiinin pikasulun seurauksena ja kerran maaliskuussa reaktoriveden puhdistusjärjestelmän käyttöhäiriön aiheuttaman reaktorin pikasulun seurauksena.

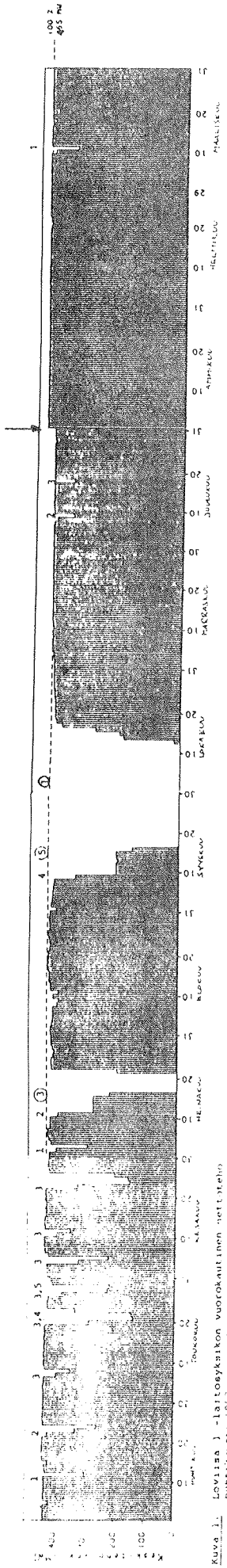
TVO II laitosisyksikkö toimi koko vaihtolatauksen jälkeisen ajan melko tasaisesti 103 %:n teholla.

---

Yleiskuvan sähköntuotannosta saa tehodiagrammeista sekä taulukoista, joissa ovat laitosten käyttökertoimet.

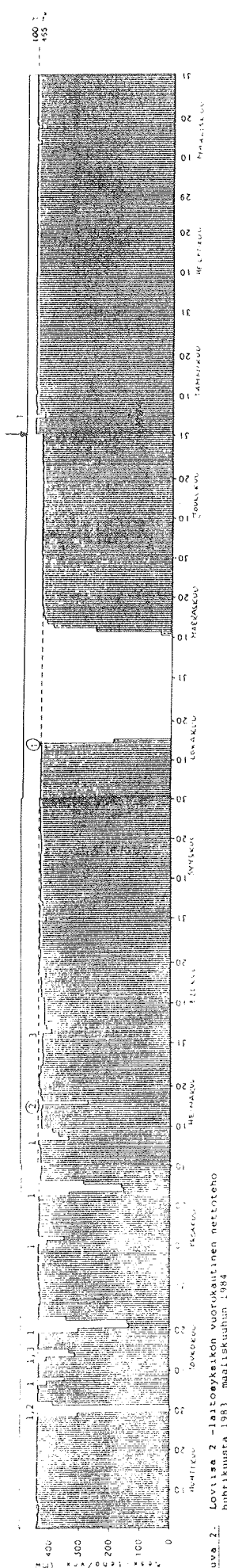
Energiakäyttökertoimien arvot >1 johtuvat kylmän meriveden aiheuttamasta hyötysuhteen paranemisesta sekä TVO:n puolella lisäksi 103 % koejaksosta.

Tuotetun sähköenergian sekä sähköntuotannon energiakäyttökertoimien laskemisessa on vuoden 1984 alusta otettu käytäntöön brutto-sähköenergia aiemman nettosähköenergian sijasta. Vaikutus näkyy mm. tehodiagrammeissa pykälänä vuodenvaihteen kohdalla.



**Kuva 1.** Loviisa 1 -laitosyksikön vuorokautinen nettoteho huhtikuusta 1963 marraskuuhun 1964

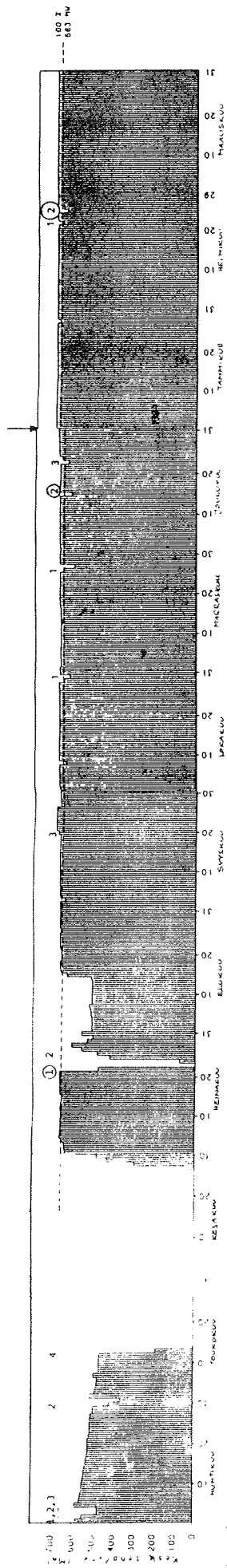
- Tehonäennukset:**
- 1 Turbiinin 2 tiivistysvoitelu-järjestelmän korjaus
  - 2 Turbiinin 2 sivulauhdettujen venttiilien korjaus
  - 3 Pienentynyt sähköntarve
  - 4 Pienentynyt sähköntarve
  - 5 Generaattorin 2 hiiliharjojen vaihto
- Tehonäennukset:**
- 1 Pienentynyt sähköntarve
  - 2 Pakkierotuspumpun YD13 moottorin öljyvaihto
  - 3 Pakkierotuspumpun YD13 moottorin laakerin tarkastus



**Kuva 2.** Loviisa 2 -laitosyksikön vuorokautinen nettoteho huhtikuusta 1963 marraskuuhun 1964

- Tehonäennukset:**
- 1 Pienentynyt sähköntarve
  - 2 Höyrytillien ulospuhallusventtiilien korjauksia
  - 3 Pakkierotuspumpun YD13 moottorin laakerin tarkastus
- Tehonäennukset:**
- 1 Välttämätön vuoden etäisyys, pienentynyt sähköntarve
  - 2 Reaktorin sammuminen säätösuojien puuttomien seurauksena
  - 3 Lauhdutinvuodon korjaus

4. Henkilöstön numero merkittävissä sähköntuotannon keskeytyksissä



Kuva 3. TVO I -laitteyksikön vuorokautinen nettoteho huhtikuusta 1983 marraskuuhun 1984

- Tehonlennukset:
- 1 Polttoaineen kuluminen (stretch-out-ajo)
  - 2 Pienentynt sähköntarve
  - 3 Määräaikaiskokeita
  - 4 Alasajo polttoaineen vaihtoseisauksia varten

Tehonlennukset

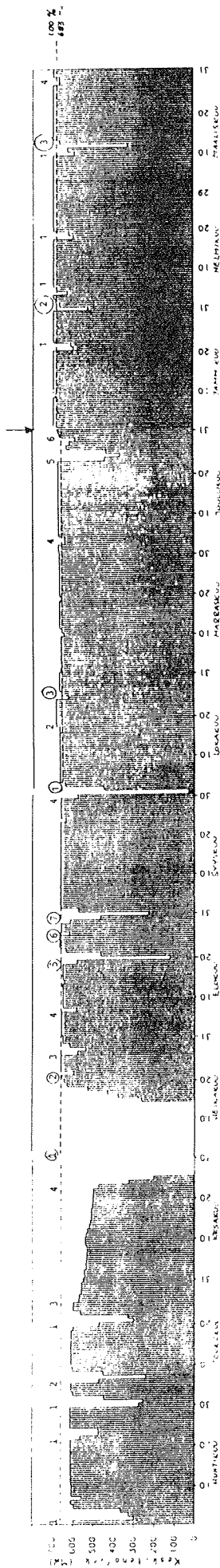
- 1 Boorijärjestelmän siäpuolisen eristysventtiilin korjaus
- 2 Pienentynt sähköntarve
- 3 Koe 136 8:n teholla

Tehonlennukset

- 1 Turbiinilaitoksen venttiilien määräaikaiskokeet ja välitilattimen säätö
- 2 Syöttövesipumppuunseläimet ja välitilattimen säätö
- 3 Pienentynt sähköntarve ja turbiinilaitoksen venttiilien määräaikaiskokeet

Tehonlennukset

- 1 Lauhdutinvuodon korjaus
- 2 Turbiinilaitoksen venttiilien määräaikaiskokeet ja niiden yhteydessä tapahtunut generaattorin irtoaminen verkosta välitilattimien irtoamiseksi seurauksena



Kuva 4. TVO II -laitteyksikön vuorokautinen nettoteho huhtikuusta 1983 marraskuuhun 1984

- Tehonlennukset:
- 1 Pienentynt sähköntarve
  - 2 Kuumaseisokki ulospuhallusestävöventtiilin moottorin korjauksella
  - 3 Polttoaineen kuluminen (stretch-out-ajo)
  - 4 Alasajo polttoaineen vaihtoseisauksia varten

Tehonlennukset

- 1 Vuosihuolto jatkuu
- 2 Turbiinin pikasuku
- 3 Syöttövesipumpun pysähtyminen, pienentynt sähköntarve
- 4 Välitilattimen korjaus
- 5 Turbiinilaitoksen venttiilien korjaus (mm. välitilattimen lauhdejärjestelmä)
- 6 Generaattorikattaisijän sukseaminen
- 7 Turbiinin pikasuku, ylösaajoissa kaksi reaktorin pikasuku (kaksi reaktorin sähköntuotantoa) ja kolme reaktorin pikasuku (kolme reaktorin sähköntuotantoa)

Tehonlennukset

- 1 Kuumaseisokki välitilattimen korjauksella
- 2 Koe 106 8:lla
- 3 Turbiinipikasuku estäto-öljyjärjestelmän koe-ajan yhteydessä
- 4 Turbiinilaitoksen venttiilien määräaikaiskokeet ja säätö-öljyjärjestelmän huolto
- 5 Pienentynt sähköntarve
- 6 Syöttövesipumppuunseläimet

Tehonlennukset

- 1 Lauhdutinvuodon korjaus
- 2 Turbiinin pikasuku muuttajakoneen vikaantumisen aiheuttaman sähkökatoksen seurauksena
- 3 Reaktorin pikasuku reaktoriveden puhdistusjärjestelmän käyttöhuollon seurauksena
- 4 Kolmen pakkierotuspumpun pysähtyminen

4 Rengastettu numero merkitsee sähköntuotannon keskeytystä

Suomen ydinvoimalaitosten käyttökertoimet 31.12.1983 mennessä ja 1. vuosineljänneksen 1984 aikana

Energiakäyttökerroin		1. vuosineljännes 1984				Käynnistyksestä				
Laitosyksikkö	Vuosi 1983	Kaupallisen käytön alusta	Käynnistyksestä	Tammikuu	Helmikuu		Maaliskuu	Yhteensä	Kaupallisen käytön alusta	Käynnistyksestä
Loviisa I	0,866	0,742	0,733	1,009	1,008	0,999	1,005	0,753	0,745	
Loviisa 2	0,904	0,795	0,782	1,007	1,010	1,009	1,009	0,810	0,800	
TVO I	0,834	0,812	0,722	1,034	1,031	1,035	1,033	0,824	0,735	
TVO II	0,883	0,847	0,620	1,009	1,009	0,995	1,005	0,864	0,639	
		( <u>nettosähköteho</u> nimellisteho kalenteriaika)		( <u>bruttosähköteho</u> nimellisteho kalenteriaika)						
//										
Aikakäyttökerroin		1. vuosineljännes 1984				Käynnistyksestä				
Laitosyksikkö	Vuosi 1983	Kaupallisen käytön alusta	Käynnistyksestä	Tammikuu	Helmikuu		Maaliskuu	Yhteensä	Kaupallisen käytön alusta	Käynnistyksestä
Loviisa I	0,911	0,807	0,808	1,000	1,000	1,000	1,000	0,814	0,815	
Loviisa 2	0,921	0,845	0,850	1,000	1,000	1,000	1,000	0,857	0,861	
TVO I	0,873	0,851	0,765	1,000	0,999	1,000	0,999	0,859	0,776	
TVO II	0,939	0,891	0,660	0,995	1,000	0,988	0,994	0,906	0,681	
		( <u>generaattori tahdistettuna</u> kalenteriaika (h))								

Suomen ydinvoimalaitosten sähköntuotanto 31.3.1984 mennessä, brutto(GWh)

Laitos- yksikkö	Käynnistys	Kaupallisen käytön aloitus	Nimellisteho MW (brutto/ netto)	Vuosi 1983	1. vuosineljännes 1984			Kaupall. Käynnis- käytön alusta		
					Tammikuu	Helmi- kuu	Maaliskuu		Yhteensä	
Loviisa I	8.2.1977	9.5.1977	465/440	3337,06	349,0	362,2	345,1	1020,4	21 187	21 693
Loviisa 2	4.11.1980	5.1.1981	465/440	3483,98	348,3	326,9	348,7	1023,8	10 675	11 084
TVO I	2.9.1978	10.10.1979	683/658	4808,22	525,3	490,0	523,3	1540,6	22 080	24 556
TVO II	18.2.1980	1.7.1982	683/658	5087,08	512,8	479,9	505,1	1497,7	9 064	15 751
			Yhteensä	16 716	1735	1623	1641	4429	63 008	73 083
			Suomen sähkön kulutus	45 014	4683	4341	4519	13543		
			Ydinsähkön osuus kulu- tuksesta %	37,1	35,6	35,9	36,6	36,0		



## SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOS MUUTTUI SÄTEILYTURVAKESKUKSEKSI

Säteilyturvallisuuslaitos muuttui 1.3.1984 säteilyturvakeskukseksi, virallisella lyhenteellä STUK. Laitoksen organisaatiota on kehitetty paremmin vastaamaan säteilyturvallisuustyössä tapahtuneita muutoksia. Varsinkin ydinvoimalaitosten turvallisuusvalvontaan liittyvät kasvaneet vaatimukset on otettu huomioon.

Säteilyturvakeskus jakaantuu neljään osastoon. Osa toimintayksiköiden nimistä muuttui. Hallintotoimisto muuttui yleiseksi osastoksi, reaktoriturvallisuusosasto ydinturvallisuusosastoksi ja tutkimusosasto valvontaosastoksi. Tarkastusosaston nimi säilyy ennallaan. Lisäksi on erillinen säteilybiologian laboratorio, joka oli ennen nimeltään lääketieteellinen tutkimusryhmä. Organisaatio ja toimintayksiköiden pääasialliset valvonta-alueet on kuvattu kaaviona seuraavalla sivulla.

Organisaatiouudistus ei aiheuta välittömiä muutoksia keskuksen tehtäviin. Uudistustarvetta ovat kuitenkin korostaneet ajankohtaiset lainsäädäntöhankkeet, uusi ydinenergialaki ja säteilysuojauslain säädännön kokonaisuudistus. Nämä lainsäädäntöhankkeet kattavat keskuksen toiminnan pääalueet.

Säteilyturvakeskuksen organisaatiouudistus perustui säteilyturvallisuuslaitoksen hallintotoimikunnan mietinnön esityksiin.

Säteilyturvakeskuksen nimi on

ruotsiksi: Strålsäkerhetscentralen

englanniksi: Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety

Nimen lyhenne on kaikilla kielillä STUK. Keskuksen julkaisemien raporttisarjojen uudet sarjatunnukset ovat STUK-A ja STUK-B.

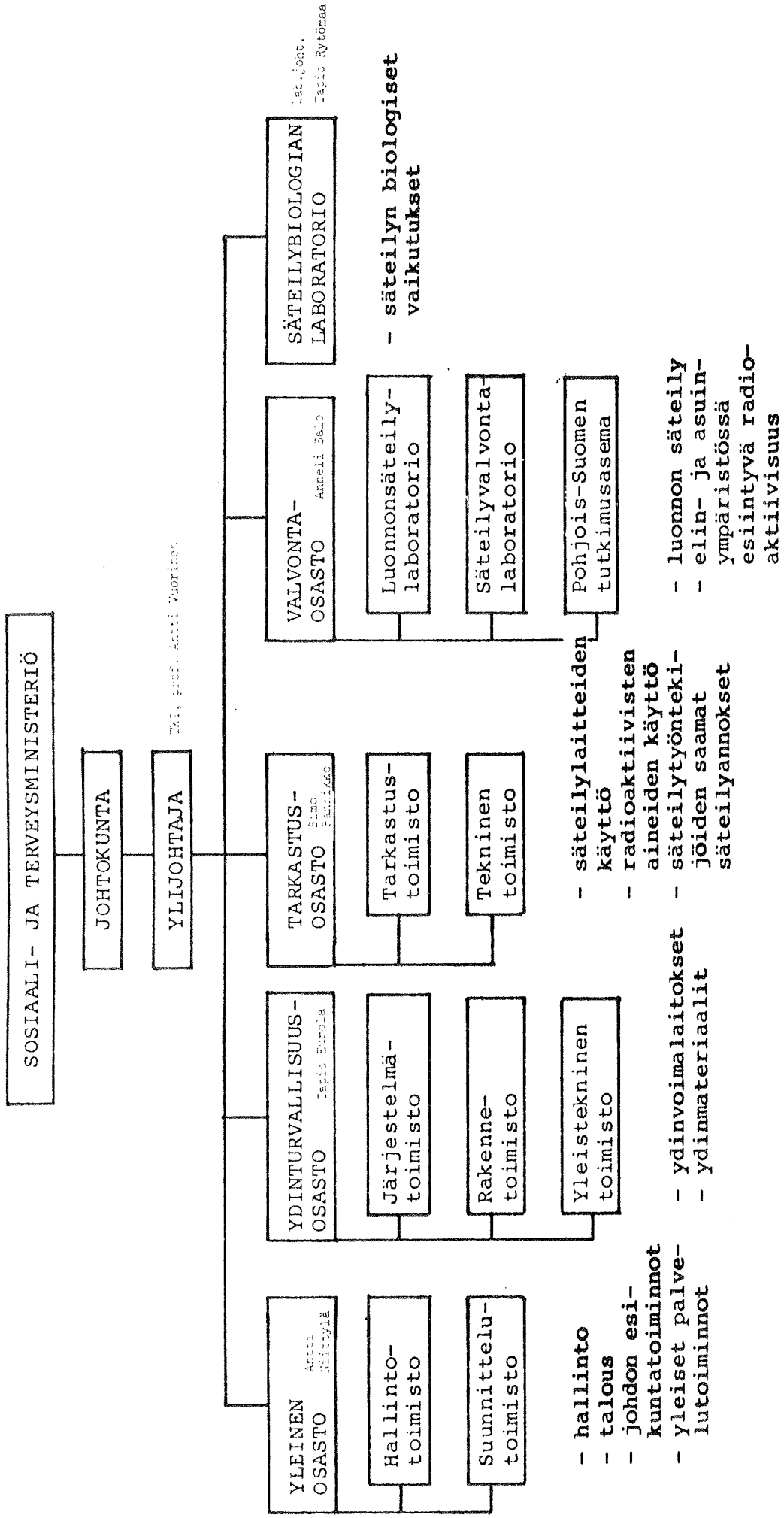
---

Laki säteilyturvakeskuksesta (1069/83)

Asetus säteilyturvakeskuksesta (190/84)

Säteilyturvallisuuslaitoksen hallintotoimikunnan mietintö (KOM 1982:70)

SÄTEILYTURVAKESKUKSEN (STUK)  
 ORGANISAATIO JA TOIMINTAYKSIKÖIDEN  
 VALVONTA-ALUEET





Eldorado resp. El dorado, -kullattu mies - tarunomainen kultamaa Etelä-Amerikassa. Nimi tarkoitti aluksi henkilöä (tarunomaisen intiaampäällikön nimitys), mutta on sittemmin muuntunut merkitsemään rikasta toivemaata. Legendojen alkuperänä on ollut Bogotá'n lähistöllä sijaitsevan Guatavita-järven rannalla suoritettu tšibtša-intiaanien seremonia, jossa päälliköt käyttivät kultatomukorisetelua. Tarusto soikeutui espanjalaisien aikaiseen kultaryntäykseen, ja toive Eldoradon olemassaotosta säilyi 1700-luvulle saakka.

(Tiedon värikäs maailma)

N.M.Ediger

## ELDORADO ESITTÄYTYI

Tammikuun 17 p:nä Eldorado Nuclear Limited teki TVO:n kanssa sopimuksen, jonka avulla TVO voi varmistaa noin puolet raakauraanin tarpeestaan kymmenen vuoden aikana. Saman päivän iltana ATS:n kokouksessa Eldoradon toimitusjohtaja N.M.Ediger esitteli yhtiötään, sen toimintaa ja taustaa lähemmin.

Kanadassa on tällä hetkellä 7700 MW ydinvoimakapasiteetti ja saman verran on rakenteilla. Ydinvoimalaitokset ovat keskittyneet Ontarion osavaltion teollistuneeseen eteläosaan. Ontario Hydron laskelmien mukaan ydinvoima säästää heille vuosittain 1,5 mrd mk. Reaktorit ovat pääasiassa väkeväimätöntä uraania käyttäviä CANDU-reaktoreita, joissa raskas vesi toimii jäähdytteenä ja moderaattorina. Polttoainetta voidaan vaihtaa tehoajon aikana, minkä vuoksi 80...90 % käyttökertoimet ovat tavallisia. Vuoden 1982 käyttökerrointilastossa ei-sosialistisen maailman kymmenestä parhaasta reaktorista puolet oli kanadalaisia.

Eldorado on louhinut ja jalostanut radioaktiivisia malmeja jo yli 50 vuoden ajan, vuodesta 1944 lähtien valtion yhtiönä. Tällä hetkellä se tuottaa uraania Saskatchewanista sekä omistaa ja käyttää uraanin jatkojalostuslaitoksia Ontariossa; Blind Riverissä yellowcake  $U_3O_8$  puhdistetaan epäpuhtauksista ja muutetaan  $UO_3$ :ksi. Port Hopessa tämä edelleen konvertoidaan  $UO_2$ :ksi CANDU-polttoainetta varten tai  $UF_6$ :ksi, jotta uraania voitaisiin väkevöidä kevytvesireaktoreiden tarpeisiin. Yhtiö pitää päämajaansa Ottawassa (kuvat 1 ja 2). Eldoradon palveluksessa on 13 000 henkeä ja vuotuinen liikevaihto nousee 5 mrd markkaan.

Vuosien 1979...1982 aikana uraanin hinnan pudotessa uraanin tuottajien määrä pieneni. Ediger pitää peukalosääntönä, että kaivos kannattaa sulkea, jos uraanin hinta on laskenut puoleen siitä hinnasta, jolla kaivos kannattaisi avata. Eldoradokin joutui vuonna 1982 sulkemaan Beaverlodgen kaivoksen, jonka uraania palaa mm. Olkiluodossa. Tulevan vuosikymmenen aikana Pohjois-Amerikan ydinvoimakapasiteetti tulee kaksinkertaistumaan ja samalla myös uraanin kysyntä.

Eldorado on suunnitelmallisesti valmistautunut tilanteeseen, jossa kilpailijat vähenevät ja markkinat kasvavat. Koko tuotantokoneistoa ollaan uusimassa. Uraanin hankinnassa on keskitytty tuotantokustannuksiltaan edullisiin maanpintalouhoksiin Athabaskan hiekkakivialueella pohjoisessa Saskatehewanissa, jossa pitoisuudet ovat korkeat.

Athabaskan geologisten muodostumien löytäminen merkitsi vasta heinäsuovan saamista näkyviin; sen jälkeen täytyi hakea vielä neula eli uraani. Sen etsimiseen on käytetty 40 erilaista menetelmää. Tällä hetkellä Athabaskassa tuotetaan uraania Cluff Laken (7 % U-pit.), Key Laken (yli 2 %) ja Rabbit Laken kaivoksista; suunnitelmissa on avata vielä toiset kolme kaivosta lisää, vaikka näissä uraanipitoisuudet ovat alle prosentin. Uusi löytö, Cigar Lake, sisältää noin 5-10 % uraania.

Koska kaivokset sijaitsevat kaukana asutuilta alueilta, työvoiman vaihtuvuus on ollut suuri. Viihtyvyyden parantamiseksi on siirrytty järjestelmään, jossa töitä tehdään seitsemän päivää kerrallaan, minkä jälkeen työntekijät lennätetään seitsemän välipäivän ajaksi perheittensä ja infrastruktuurin pariin.

Eldoradolla on 40 000 tonnin uraanivarat ja sen tuotantokapasiteetti 2700 tU/a on ei-sosialistisen maailman neljänneksi suurin, edellään namibialainen RTZ-Rossing (suurin) sekä Rio Algon ja Denison, jotka louhivat uraania Ontariossa Elliot Laken maanalaisista kaivoksista.

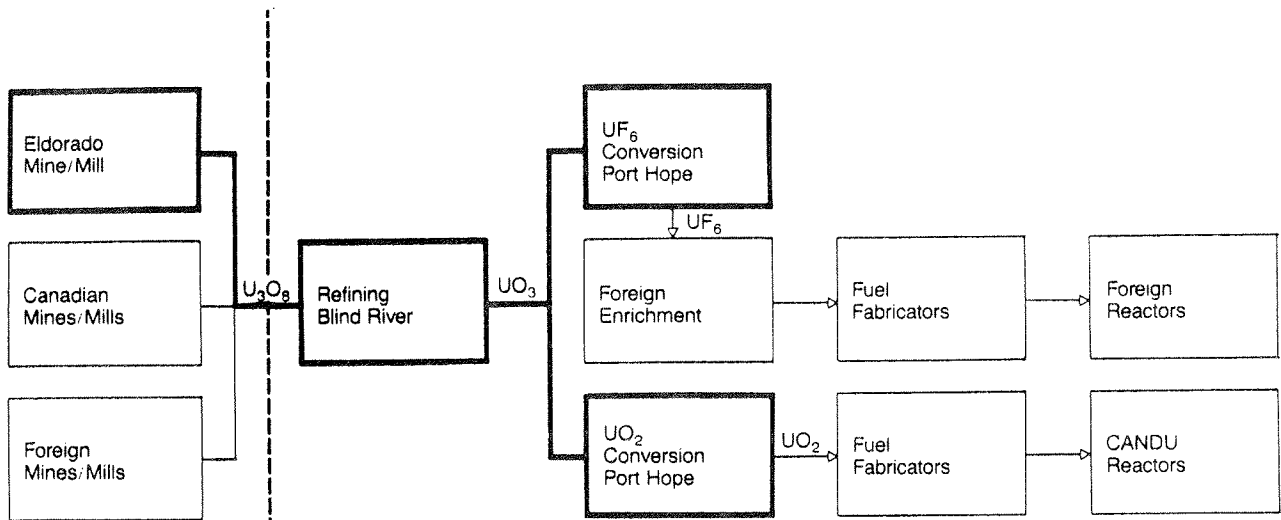
Tänään Kanada on maailman suurin uraanin tuottaja (11 000 tU/a) ja viejä. Uudet uraanilöydökset ovat tehneet aiemmat vientirajoitukset tarpeettomiksi; viennin osuus on jo 85 % tuotannosta. Huolimatta kotimaisen kysynnän kaksinkertaistumisesta vuoteen 1990 mennessä vientimarkkinoille riittää entistä enemmän uraania.

Klaus Sjöblom

# Uranium Fuel Cycle

**Mine Producers**  
Sell uranium to utilities

**Utilities**  
Own the uranium and contract for all services below



Kuva 1. Eldoradon osuus ydinpolttainekierrosta



Kuva 2. Eldoradon toimintapisteeet



Projektipäällikkö Brian George ja projektiin liittyvä mappikasa, noin 115 kg

#### SIZEWELL B - PAPERIA, PUHETTA, ...?

ATS sai maaliskuun alussa jälleen korkean tason kansainvälisiä vieraita, kun Brian George, Sizewell B:n projektipäällikkö ja J.C.C. Stewart brittiläistä ydinvoimateollisuutta edustavan National Nuclear Corporationin (NNC) hallituksen pj., tulivat kertomaan Sizewell B -projektista.

Iso-Britannia oli ydinvoiman edelläkävijöitä aina 1970-luvulle asti. Tänäpäin sen 37 kaupallista voimalaitosta tuottavat noin viidenneksen maan sähköstä. Yhtä SGHWR:ä ja yhtä FBR:ä lukuun ottamatta brittiläiset ydinvoimalaitokset edustavat kahta sukupolvea: vuosina 1956-1972 käyttöön otetut GCR:t ja vuodesta 1976 lähtien valmistuneet/valmistuvat AGR:t, kehittyneemmät kaasujäähdytteiset reaktorit, joiden teho on 600...660 MWe. AGR:n reaktorikokoa ei teknisten rajoitusten vuoksi voi nostaa kuten kevytvesireaktorien, minkä vuoksi se on taloudellisuudessa jäänyt jälkeen LWR:stä, tosin eroa hiilivoimaan on vielä selvästi (taulukko 1).

Kaavailtu PWR muodostaisi kolmannen polven. Laitoskonseptin pohjana on ollut Westinghousen nk. SNUPPS-malli. Tätä on kuitenkin täydennetty tavoitteena parantaa käytettävyyttä, turvallisuutta ja ennen kaikkea hyväksyttävyyttä. Laitoksesta on melko täydellinen kuvaus seinäkartoineen viitteessä /1/. Projektin kotimaisuusaste olisi yli 90 %.

Brittiläiseen lainsäädäntöön kuuluu neuvoa antava julkinen kuuleminen (public inquiry), jota on aikaisemmin sovellettu mm. lentokentän ja moottoritien rakentamisen yhteydessä. Koska Sizewell B eroaa aikaisemmista ydinvoimalaitoksista ja koska sitä saattaisi seurata joukko muita PWR:iä, energiaministeri päätti paikallistahon esityksestä, että asiasta järjestetään julkinen kuuleminen. Sen ainoa virallinen kytkentä lupakäsittelyyn (kuvattu tarkemmin viitteessä /2/) on, että lisensiointi voi alkaa vasta kun julkinen kuuleminen on saatu päätökseen. Keskustelun venyttämällä voidaan siis sielläkin lisätä hiilen kilpailukykyä. Demokratian vaara, sanoi Brian George.

Julkinen kuuleminen käynnistettiin tammikuussa 1983; tätä ennen oli käyty keskusteluja siitä kuinka varsinainen kuuleminen tulisi järjestää. Kyselyn pohjaksi CEGB toimitti rakennusta edeltävän turvaselosteen (PCSR), joka viitteineen painoi 127 kg; tänään asiakirjojen yksien kopioiden massa on jo kymmenkertainen.

Julkinen kuuleminen koostuu kahdesti kuussa järjestettävistä tilaisuuksista, joita on pidetty välillä Lontoossa välillä laitospaikalla. Kuulemismenettely muistuttaa oikeudenkäyntiä väitteineen, vastineineen, todisteluneen jne. Keskustelut nauhoitetaan ja puhtaaksikirjoitetaan kokonaisuudessaan. Tarvittaessa vastaaja saa pyytää 24 h lisää vastausaikaa yksittäisiin kysymyksiin.

Energiaministeriö on nimittänyt tarkastajan ohjaamaan kuulemista ja sovittamaan erilaisia näkemyksiä yhteen. Hän määrää kussakin tilaisuudessa käsiteltävät aiheet ja tarvittaessa jatkaa ohjelmaa. Tarkastaja oli alunperin rajannut keskusteluaiheet sähkön kysyntään, ydinvoiman taloudellisuuteen ja turvallisuuteen sekä radioaktiivisiin jätteisiin ja muihin ympäristökysymyksiin. Keskustelu pyrkii kuitenkin rönsyilemään kaikeen mahdolliseen ydinvoiman ulkopuolellakin.

Tarkastajan, joka on koulutukseltaan lakimies, asema on hyvin keskeinen, koska hänestä riippuu saadaanko keskustelu konvergoimaan. Julkinen kuuleminen jatkuu niin kauan kuin aihetta riittää, ilmeisesti ensi syksyyn asti. Energiaministeriölle esitettävän loppuraportin laatiminen vie vielä 4...5 kk.

Sizewell B -projekti on nimennyt keskusteluun 44 insinööriä, joista kuhunkin tilaisuuteen osallistuu ko. aihepiirin asiantuntijat. Toisella puolella istuu monenlaista väkeä: Friends of the Earth, Council for Protection of Rural England, National Union of Mineworkers, Aldeburgh Fisherman's Guild jne. sekä näiden kutsumia asiantuntijoita; harva tavallinen kansalainen jaksa paneutua asioihin niin paljon, että voisi osallistua "julkiseen" kuulemiseen. Vastustajat ovat anoneet hallitukselta taloudellista tukea, toistaiseksi kuitenkin tuloksetta.

Puolueet ovat ryhmittyneet eri vaihtoehtojen taakse selvemmin kuin Suomessa. Vasemmisto tukisi valtion subventoimaa hiiliteollisuutta ja oikeisto suhtautuisi myönteisemmin ydinvoimaan. Näin vasemmisto-/oikeisto -kädenvääntö antaa lisäväriä ydinvoimakeskustelulle.

Julkisen kuulemisen myötä Brian Georgeta on tullut hyvähermoinen tietopankki. Jos hän nyt saisi aloittaa kaiken alusta, niin hän esittäisi keskustelun pohjaksi suuren mappikasan sijasta ohuehkon kirjasten vain suunnitteluperiaatteista. Tällöin keskustelu pysyisi paremmin aisoissa eikä juuttuisi teknisten toteutusten yksityiskohtiin. Järkevämpää olisi jos kuulemismenettely olisi pääosin kirjallinen ja siihen liittyisi vain lyhyt suullinen käsittely. Näin välttäisi aikaa vievältä ja turhauttavalta maratonprosessilta. Vastajaapuoli on asiantuntemuksen varmistamiseksi välttämätöntä koota projektihenkilöstöstä, vaikka meidän insinöörien esiintymistaidossa olisi kehittämisen varaa. Turha tarkkuus heikentää selkeyttä. Brian George neuvoi edelleen ottamaan mallia politiikoista: "Miettikää tarkkaan, jo ennen kuin kysymys Teille esitetään, mitä aiotte vastata".

Kaikesta huolimatta Brian George uskoo kuitenkin työvoittoon Sizewell B -projektissa.

Klaus Sjöblom



Taulukko 1

SÄHKÖN TUOTANTOKUSTANNUSTEN VERTAILU (vuoden 1982 hinnoilla)

p/kWh (1 £ = 8,4 mk)	Sizewell B	AGR	Kivihiili
Pääoma	1,79	2,18	1,02
Polttoaine	0,58	0,76	2,60
Käyttö	0,24	0,21	0,26
Yhteensä	2,61	3,15	3,88

Luvut sisältävät ydinvoimavaihtoehtojen kohdalla ydinhuollon ja laitoksen käytöstä poiston kustannukset. Kivihiilivoiman kustannuksiin ei sisälly rikinpoistoa. George totesi, että oikea keino huolehtia rikinpoistokysymyksestä voimatuotannossa on rakentaa ydinvoimaa.

- VIITTEET
- /1/ Nucl. Eng. Inc., Dec. 1982. pp 34-46.
  - /2/ Nuclear Europe 11/1982. Special Issue on Britain.

## USA:SSA KESKUSTELLAAN NYT YDINVOIMALAITOSTEN TALOUDELLISUUDESTA

L. Mattila  
VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio\*

Vuoden 1984 alussa USA:ssa oli tuotantokäytössä 76 ydinvoimalaitosta. Käyttölupa on lisäksi 10 laitoksella, joista 6 on käyttöönottovaiheessa erilaisilla tehotasoilla, yhdellä (Diablo Canyon) on latauslupa, mutta käynnistys viipyy yhä uusien aiheiden tullessa esille oikeudenkäynneissä, ja 3 on suljettuna epämääräiseksi ajaksi (molemmat TMI-laitokset sekä vanha ja pieni Dresden 1). Nämä laitokset edustavat n. 10 % koko asennetusta sähköntuotantokapasiteetista ja niiden odotetaan tänä vuonna tuottavan runsaat 13 % koko voimantuotannosta. Ydinenergian merkitys vaihtelee alueellisesti varsin paljon. Maan koillisosassa New Englandissa ydinsähkön osuus on suomalaistasoa, n. 35 %. Harvaan asutuissa ja vesivoimantuotantoon erityisen hyvin soveltuvissa vuoristovaltioissa ydinenergian osuus on ymmärrettävästi lähes mitätön.

### Paljon uusia laitoksia valmistumassa

Tiedotusvälineiden antama kuva USA:n ydinenergiatilanteesta on yksipuolinen. Laitoksia ei yksinomaan peruuteta tai niiden käyttöönottoa lykätä, vaan lähivuodet ovat todellisuudessa erityisen vilkasta uusien laitosten käyttöönottoaikaa. Viime vuonna myönnettiin käyttölupa 4 laitokselle. Tänä ja ensi vuonna tahti kiihtyy niin, että molempina vuosina käynnistyy runsaasti yli 10 uutta laitosta. Näin vilkas tahti aiheuttaa vaikeuksia mm. pätevien reaktorihjaajien hankinnassa. Kaikkiaan rakenteilla on, viimeaikaisten peruutusten jälkeenkin, lähes 50 laitosta. Uusia tilauksia ei ole tehty vuoden 1978 jälkeen. On varsin todennäköistä, että rakenteilla olevista laitoksista peruutetaan vielä muutamia. Joka tapauksessa ydinvoimakapasiteetti nousee 1990-luvun alkuvuosina n. 120 GWe-tasolle, jolloin sähköntuotanto-osuudeksi tulee n. 20 %.

### Lähes valmiiden laitosten peruutuksia ja viivästymisiä

Vuonna 1983 ilmoitettiin viiden laitoksen peruutus. Lisäksi lopetettiin Clinch River Breeder Reactor -projekti. Tämän vuoden alku on erityisen synkkä. Tammikuussa peruutettiin ensin noin puolivalmis toistaiseksi n. 2,5 miljardia dollaria maksanut Marble Hill ja sitten viikkoa myöhemmin virallisen ilmoituksen mukaan 97 % valmis Zimmer, johon oli investoitu 1,7 miljardia dollaria. Zimmerin rakennusurakoitsijan (Bechtel) mukaan valmistumiseen olisi kuitenkin vielä tarvittu 1,1 - 1,8 miljardia dollaria. Zimmerin peruuttamisessa on ennätysellisen korkean valmistumisasteen lisäksi toinenkin erityinen piirre: voimayhtiö suunnittelee laitoksen muuntamista hiiltä polttavaksi. Tätä muutossuunnitelmaa on epäilty niin teknillisesti kuin taloudellisestikin, sillä jo valmiista laitososista voidaan ehkä hyödyntää vain pieni osa. Talousasiantuntijoita ei miellytä muutossuunnitelmasta aiheutuva pitkä epävarmuuskausi. Voimayhtiön motiivina on saada osa jo tehdystä investoinnista siirretyksi hiililaitoksen nimiin ja siten sähkön hinnottelussa hyväksyttäväksi eräksi.

---  
\* Sijoitettuna Electric Power Research Instituteen (EPRI) USA:aan lokakuuhun 1984 asti.

Taloudellisista syistä aiheutuvien peruutusten lisäksi tammikuussa koettiin myös ensimmäinen valmistuvan laitoksen käyttöluvan epääminen. NRC ei myöntänyt käyttöilupaa Byronin laitokselle laadunvalvontapuutteellisuuksien vuoksi. Samantapaisia laadunvalvonta-asioiden vaikeuksia on kohdattu muillakin laitoksilla, mutta tähän asti vaikeuksia on ryhdytty selvittämään ennen käyttöilupapäätöstä. Byronia rakentava voimayhtiö uskoo voivansa selvittää tilanteen, mutta huomattava viivästyminen käyttöönotossa on todennäköinen.

### Vaikeuksien takana on monta syytä

Ydinenergia-alan sisällä ja julkisuudessaakin on tietenkin pyritty selvittämään, mistä kasvavat vaikeudet perimmiltään aiheutuvat ja millaisia toimenpiteitä tarvitaan ydinenergiavaihtoehtojen elinkelpoisuuden säilyttämiseksi. Useat arvostetut julkiset kommentaattorit ovat edelleen esittäneet näkemyksiä ydinenergiateollisuuden edellytysten säilyttämisen puolesta.

Nykyisen tilanteen perussyitä ovat sähkönkulutuksen hidas kasvu tai jopa aleneminen (-2,3 % vuonna 1982) viime vuosina sekä korkeat rahoituskustannukset. Julkisuudessa tulee erittäin selvästi esille tavallista kansalaista koskettava tilanne: uuden ydinvoimalaitoksen tuleminen käyttöön uhkaa nostaa sähkön kuluttajahintaa äkillisesti usein jopa yli 50 %. Sähkön hinnasta päättävät yleensä voimakkaasti kuluttajien välitöntä intressiä heijastavat komiteat ovat kasvavassa määrin kieltäytyneet hyväksymästä huomattavasti suunnitelmista kasvaneita rakentamiskuluja hinnoittelupohjaan. Perusteluksi on mainittu mm., että rakentamiskulujen kasvaminen on seurausta huonosta päätöksenteosta tai rakentamisprojektin johtamisesta, jolloin on perusteltua, että ainakin osa tappiosta jää osakkeenomistajien kannettavaksi. Tällaisen päätöksen seurauksena on voinut olla yhtiön rahoituspiireissä nauttiman luottamuksen heikentyminen ja rahoitusehtojen huononeminen ennestään.

Jo rakenteilla olevien laitosten osalta tehokkaita parannuskeinoja ei liene kovin monta. Lupakäsittelyprosessin stabiloituminen, mukaanlukien jälkikäteismuutokset, sekä kustannusperusteiden käsittelytavan kehittyminen hinnanmäärittelykomiteoissa ovat kuitenkin tärkeitä muutaman vuoden tähtäyksellä. Lupakäsittelyn osalta lähin vuosi on hyvin kuohuvaa aikaa, kun mm. yritetään saada aikaan käytäntö vakavien sydänvauriotilanteiden käsittelemiseksi. Myönteisiä piirteitä on nähtävissä mm. suunnitelmissa tarkistaa runsaat kymmenen vuotta vanhoja, turvallisuusjärjestelmien mitoituksen kannalta keskeisiä ns. hätäjähdytyskriteereitä heijastamaan paremmin uusimpia tutkimustuloksia. Kriteereiden uudistus voisi luoda edellytyksiä mm. käyttörajoitusten lieventämiselle ja tehonkorotuksille joillakin laitoksilla.

Usein mainittuja keinoja laitosten rakentamiskustannusten kurissa pitämiseen ovat laitoskonstruktioiden standardisointi sekä laitosten rakentamisorganisaatioiden yksinkertaistaminen. USA:ssahan on tyypillistä, että rakentamiseen osallistuu lukematon määrä alihankkijoita, jolloin voimayhtiön ote projektiin voi olla voimaton.

## Pieniä ja yksinkertaisia laitoksia tulevaisuudessa?

Uusistakin laitoksista puhutaan jatkuvasti. Lähivuosina ei varmastikaan tilata mitään, mutta mahdollisesti huomattavastikin nykyisistä eroavien laitoskonstruktioiden suunnittelu vie paljon aikaa, joten ainakin suunnittelun peruseriaatteista on tärkeää puhua nyt.

Voimayhtiöiden riskien ja rahoitusmahdollisuuksien ja ehkä yleisen hyväksyttävyydenkin kannalta kiinnostavalta näyttävät pienemmät laitokset, erityisesti kokoluokka 500-600 MWe. Kansalliselta kannalta on ongelmallista, että amerikkalaiset valmistajat eivät ole pitkään aikaan olleet pienistä laitoksista kiinnostuneita, joten konkreettisia suunnitelmia ei ole olemassa. Eurooppalaisilla valmistajilla on esittää useitakin suunnitelmia.

Varsin monelta taholta on kuultu, että laitoksia monimutkaistamalla ei ole enää mielekästä nostaa turvallisuustasoa. Lähtökohdaksi pitää etsiä yksinkertaisia, passiivisia, luontaisesti turvallisuutta edistäviä rakennepiirteitä. Ruotsalaisen ASEA-ATOMin PIUS (Process Inherent Ultimate Safety) -reaktoriehdotus on ollut paljon esillä ainakin lehdistössä. Konkreettisinta huomiota saanee kuitenkin aikaisemmin vahvastikin esillä ollut HTGR (High Temperature Gas Reactor), joka ei tosin välttämättä ole kovin yksinkertainen, mutta joka tarjoonee useita myönteisiä turvallisuuspiirteitä (alhainen paine, suuri lämpöinertia) ja samalla joustavan koon valinnan modulaarisuusmahdollisuuden ansiosta. HTGR saanee energiaministeriöltä merkittävää tutkimusrahoitusta ensi vuodeksi.

Uusia voimalaitosprojekteja ei ylipäänsä ole viime vuosina juuri käynnistetty. Voimayhtiöt kiinnittävätkin varsin runsaasti huomiota energian säästämiseen sekä vanhojen laitosten käytön tehostamiseen ja eliniän pidentämiseen. Tutkimustoiminnassa tuntuu selvästi nopeasti sovellettavien kohteiden korostuminen.



K Sjöblom

## RANSKAN YDINVOIMATEOLLISUUS ESITTÄYTYI

Framatomen edustajat esittelivät ranskalaista ydinvoimateollisuutta ja -ohjelmaa ATS:n kokouksessa 2.11.1983.

Ranskan ydinvoimaohjelma muodostaa poikkeuksen tämän päivän maailmassa, jossa ydinvoiman rakentamissuunnitelmia yleensä supistetaan ja lykätään. Ydinvoimakapasiteetin (25 GW) ja -tuotannon (89 TWh vuonna 1983) suhteen Ranska on maailman toiseksi suurin maa Yhdysvaltain jälkeen. Ydinvoiman osuus sähköntuotannosta on kasvanut viimeisen kymmenen vuoden jälkeen nopeasti ja oli vuonna 1983 noin 47 %, siis jo ohi Suomen ja muiden maiden. Vuonna 1990 tämän luvun pitäisi olla toisin päin, 74 % (kuva 1).

Ydinvoimaohjelmaa leimaa voimakas standardisointi ja kotimaisuus. Käytössä olevista 35 yksiköstä 26 on 900 MW painevesireaktoreita; rakenteilla on vielä kahdeksan samanlaista (kuva 2). Suunta on kuitenkin suurempaan yksikkökokoon, 1300 MW, päin; näitä on rakenteilla 20 kpl. Lisäksi vuonna 1984 on tarkoitus ottaa käyttöön 1200 MW Superphenix hyötöreaktori; 250 MW Phenix on tuottanut sähköä ja plutoniumia jo vuodesta 1973 asti. Vuosina 1980...1983 Ranskassa otettiin käyttöön kesimäärin viisi PWR-yksikköä vuosittain. Tällä hetkellä tilausvauhti on laskemassa alle kolmeen vuodessa, mikä Framatomen mukaan saattaa aiheuttaa "laskutuslisää", elleivät vientimarkkinat tarjoa lisätilauksia. Ranskan ydinvoimateollisuuden tuotantokapasiteetti on 6...8 yksikköä vuodessa.

Ranska on jokseenkin omavarainen ydinvoiman hyödyntämisessä. Tärkeimmät osapuolet ovat:

- Valtion viranomaiset
- Electricité de France (EdF)
- Framatome
- Alsthom-Atlantique
- Cogema
- Fragema
- Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA)
- Novatome

Hallituksen viranomaiset vastaavat ydinvoimaohjelman suunnittelusta. Eri osapuolten kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen laaditaan vuosittainen raportti hallitukselle päätösten tekoa varten. Päätös tilattavien yksiköiden määrästä ilmoitetaan sitten EdF:lle.

Ydinvoiman valvontaviranomaiset ovat ydinvoimateollisuudesta riippumattomia. Turvallisuusviranomaisen SCSIN määrittää turvallisuusnormit ja valvoo niiden noudattamista sekä myöntää ydinvoimalaitosten rakennus- ja käyttöluvat. Muita turvallisuusviranomaisia ovat tekninen virasto IPSN ja paineastioita valvova SCPRI. Kaikkia näitä turvallisuustoimintoja ohjaa ministeriön turvallisuuskomitea.

Valtiollinen Electricité de France vastaa sähkön tuotannosta, siirrosta ja jakelusta. EdF omistaa useimmat ranskalaisista voimalaitoksista ja johtaa uusien laitosten rakennusta; lisäksi EdF:llä on suuria koe-laboratorioita. Ulkomaille EdF kauppa konsulttipalveluita ja operaattorikoulutusta.

Framatome on maailman toiseksi suurin PWR-toimittaja Westinghousen jälkeen. Yksikkökoot ovat 600, 900 ja 1300 MW. Framatome suunnittelee tärkeimmät järjestelmät ja komponentit, valmistaa reaktoripaineastian, paineistimen, höyrygeneraattorit ja incore-instrumentoinnin, koordinoi ydinvoimalaitosprojekteja sekä tarjoaa huolto-, laitteisto-, analyysi- ja testauspalveluja. Ostaja voi tilata Ranskasta laitoksen erillisinä osina tai vaikka koko ydinvoimalaitoksen, jolloin ranskalaiset organisaatiot muodostavat konsortion. Framatomen toimittamien laitosten käyttökertoimet ovat olleet suhteellisen hyviä.(kuva 4).

Framatome on toimittanut Belgiaan kolme 900 MW yksikköä, Etelä-Afrikassa on kaksi valmistumassa, Etelä-Koreassa kaksi rakenteilla ja Iranissa kaksi tunnetuista syistä kesken jäänyttä rakennusprojektia.

Alsthom-Atlantique tunnetaan erilaisten voimalaitosten turpiinotoimittajana, tuotantokapasiteetti on 10 000 MW vuodessa. Se valmistaa myös lämmönvaihtimia, lauhduttimia, muuntajia, automaatiojärjestelmiä jne. Lisäksi se tarjoaa urakointipalveluja voimalaitos- ja sähköverkkorakentajille.

Commisariat a l'Energie Atomique (CEA) suorittaa tutkimus- ja kehitystyötä puhtaan ja sovelletun tieteen alalla sekä välittää asiantuntemustaan hallitukselle, turvallisuusviranomaisille ja ydinvoimateollisuudelle. CEA yhdessä yksityisen Creusot-Loiren kanssa omistaa Framatomen.

CEA:n omistama Cogema huolehtii suuresta osasta polttoainekiertoa (kuva 3). Se louhii uraania Ranskasta, Nigeristä, Gabonista, Kanadasta ja USA:sta. Lisäksi se on mukana uraaniesiintymien kartoitustyössä Nigerissä, Gabonissa, Kanadassa ja USA:ssa. Sen osuus länsimaiden uranimarkkinoista on yli 20 %. Cogema omistaa suuren osan Comurhexistä, joka konvertoi uraania  $UF_6$ :ksi ja on pääosakas kansainvälisessä uraaninväkevöintilaitoksessa Eurodiffissä.

Marcoulessa jälleenkäsitellään kaasujäähdytteisten reaktoreiden polttoainetta ja La Haguessa  $UO_2$ -polttoainetta. Rakenteilla oleva kolmas yksikkö nostaa Cogeman jälleenkäsittelykapasiteetin 1600 tonniin  $UO_2$ -polttoainetta vuoteen 1990 mennessä. Marcoulessa toimii korkea-aktiivisen jätteen lasituslaitos ja La Hagueen valmistuu toinen yksikkö vuonna 1985. Cogemalla on tarvittava laitteisto käytetyn polttoaineen kuljetuksiin merellä sekä rauta- ja maanteillä.

Cogema tarjoaa polttoainekiertoön liittyviä palveluja ja osakkuuksia myös ulkomaille; sopimuksia on jo noin 40 eurooppalaisen, amerikkalaisen ja aasialaisen yhtiön kanssa.

Framatomen ja Cogeman omistama Framema valmistaa PWR-polttoaine-elementtejä sekä polttoaineen käyttöön ja tutkimukseen liittyvää laitteistoa. Cogema valmistaa polttoaineen muihin ranskalaisiin reaktoreihin.

Muita ranskalaisia ydinvoimalaitoskomponenttien toimittajia ovat Creusot-Loire (reaktorin sisäosat), Jeumont Schneider (pääkiertopumput, säätösauvakoneistot), Spie Batignolles (pääkiertopiiriputkistot) ja Merlin Gerin (outcore- ja säätösauvakoneistojen instrumentointi).

Ranskassa ydinvoimalla tuotettu sähkö on selvästi halvempaa kuin hiilellä tai öljyllä tuotettu (taulukko 1). Kotimainen ydinvoimateollisuus kattaa koko polttoainekierron. Uusia ydinvoimalaitoksia valmistuu "liukuhihnalta". Hyötyreaktoreiden kaupallinen käyttö lähestyy.

Gallian kukko luottaa ydinvoimaan.





## ESTIMATED kWh COSTS for plants to be commissioned in 1990

The following estimations have been made by Electricité de France for electricity generated in France by nuclear, coal and fuel oil powered plants to be commissioned in 1990 and operated on base load.

These estimated costs assume depreciation of the equipment within 20 years and an annual levelizing of 9 %.

### BREAKDOWN OF COSTS in French centimes (1982)

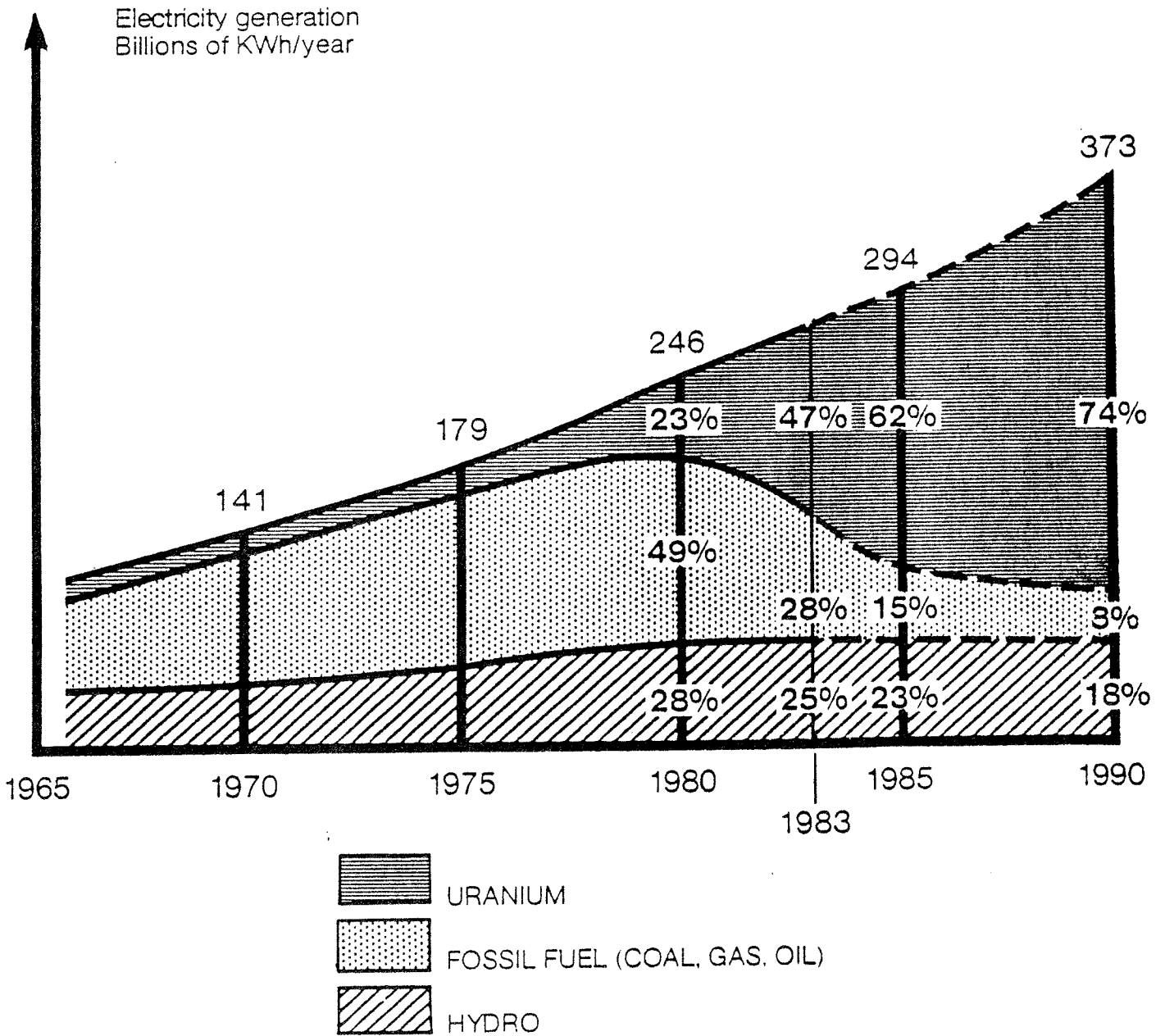
Prime energy source	Nuclear	Coal	Oil
– Investment	10.2	7.9	6.8
– Operation	3.7	3.7	3.3
– Fuel	5.1	18.2	52.2
	19.0	29.8	62.3
– Flue gas desulfurization	–	3.4	4.2
Total	19.0	33.2	66.5

1 centime = 0,7 penniä

October 1982



**DEVELOPMENT OF ELECTRICITY GENERATION  
IN FRANCE BETWEEN 1965 AND 1990  
AND CONTRIBUTION OF THE VARIOUS PRIME ENERGY SOURCES**

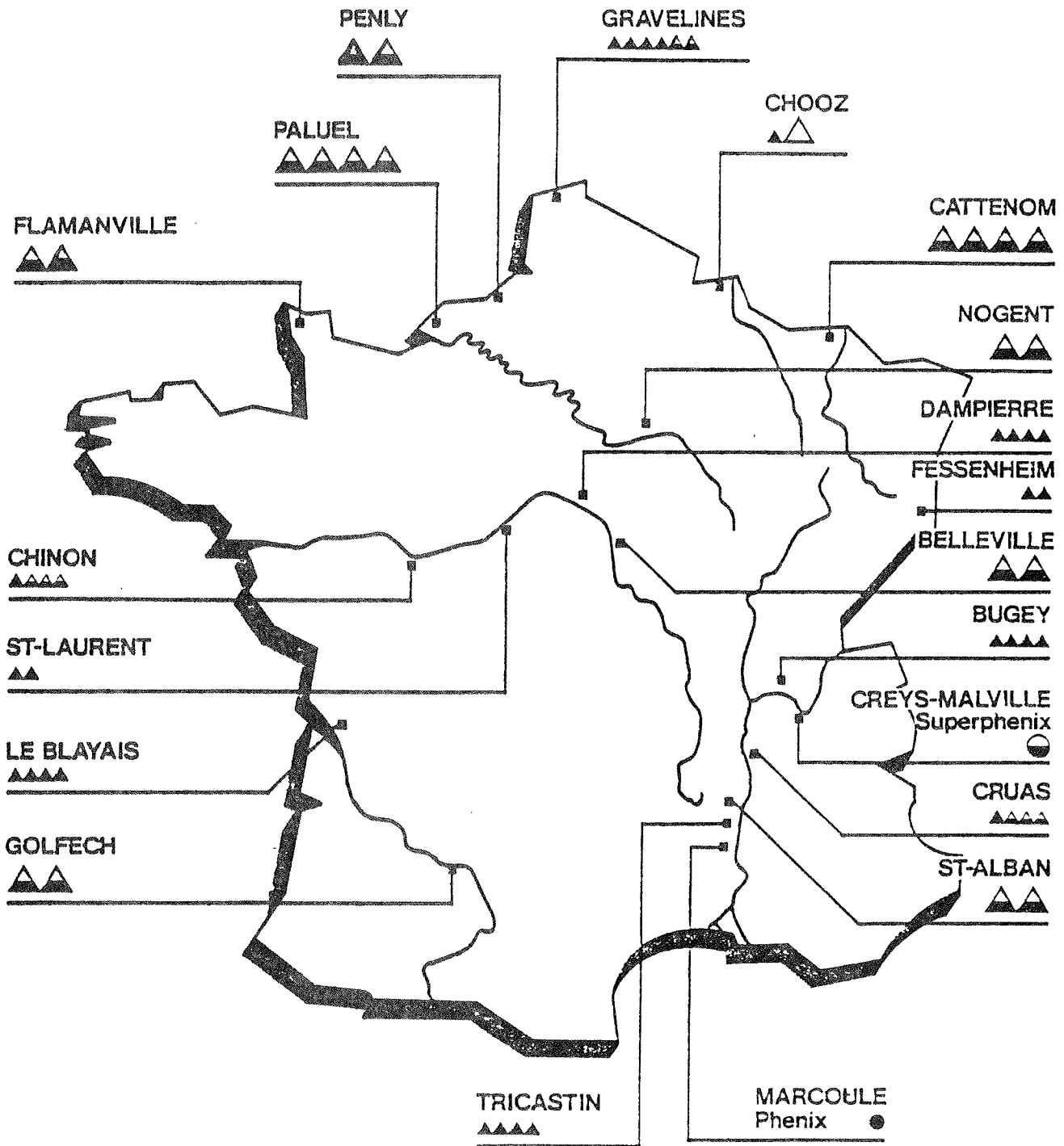


Data provided by EDF. September 1983



# PWR & FBR POWER PLANTS OF THE FRENCH NUCLEAR PROGRAM

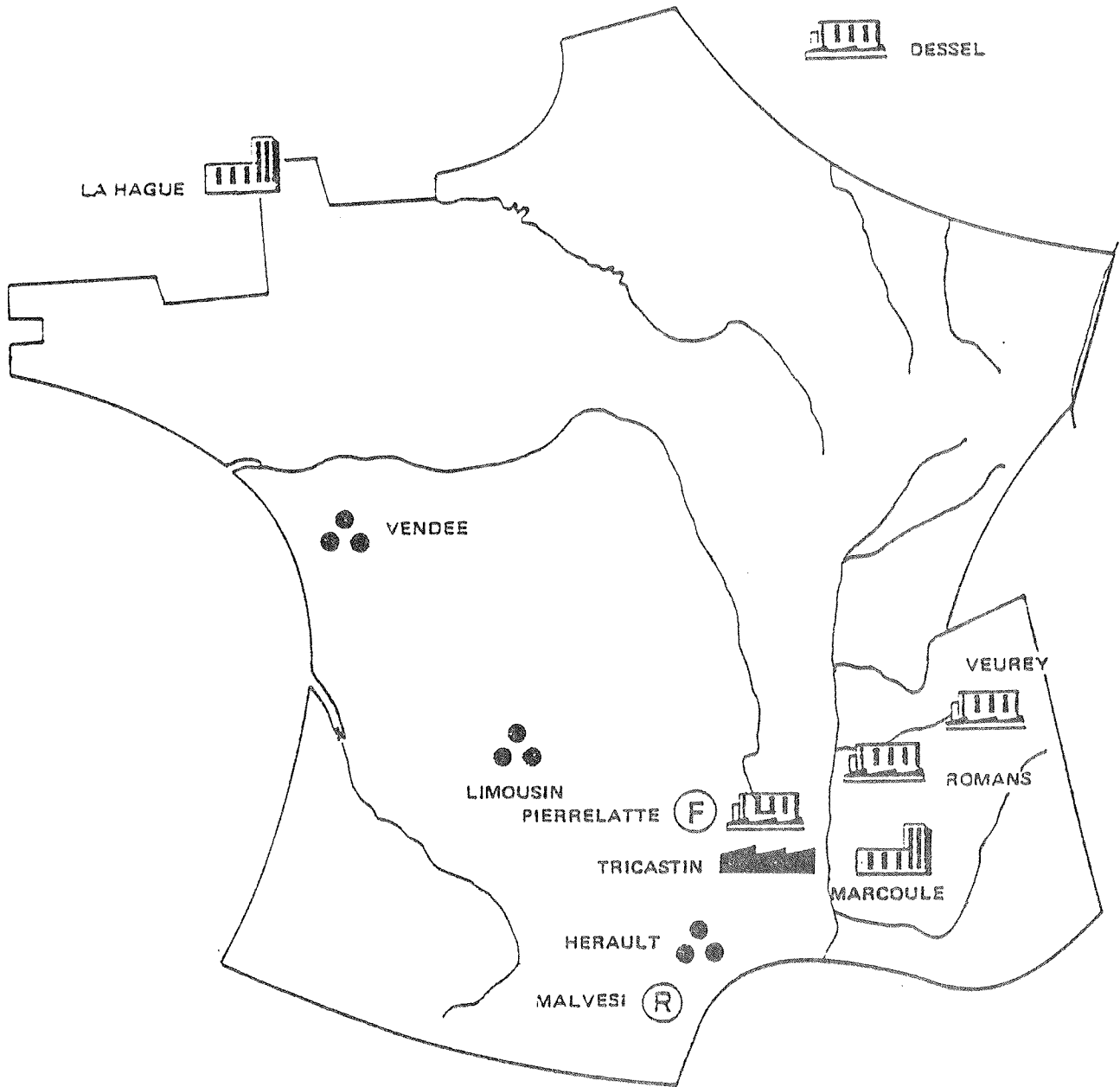
Location & status






Type of power plant	On line	Ordered	Planned
900 MWe PWR (300 MWe PWR for CHOOZ)	▲	▲	
1300 MWe PWR		▲	△
250/1200 MWe FBR	●	◐	

# URANIUM FUEL CYCLE

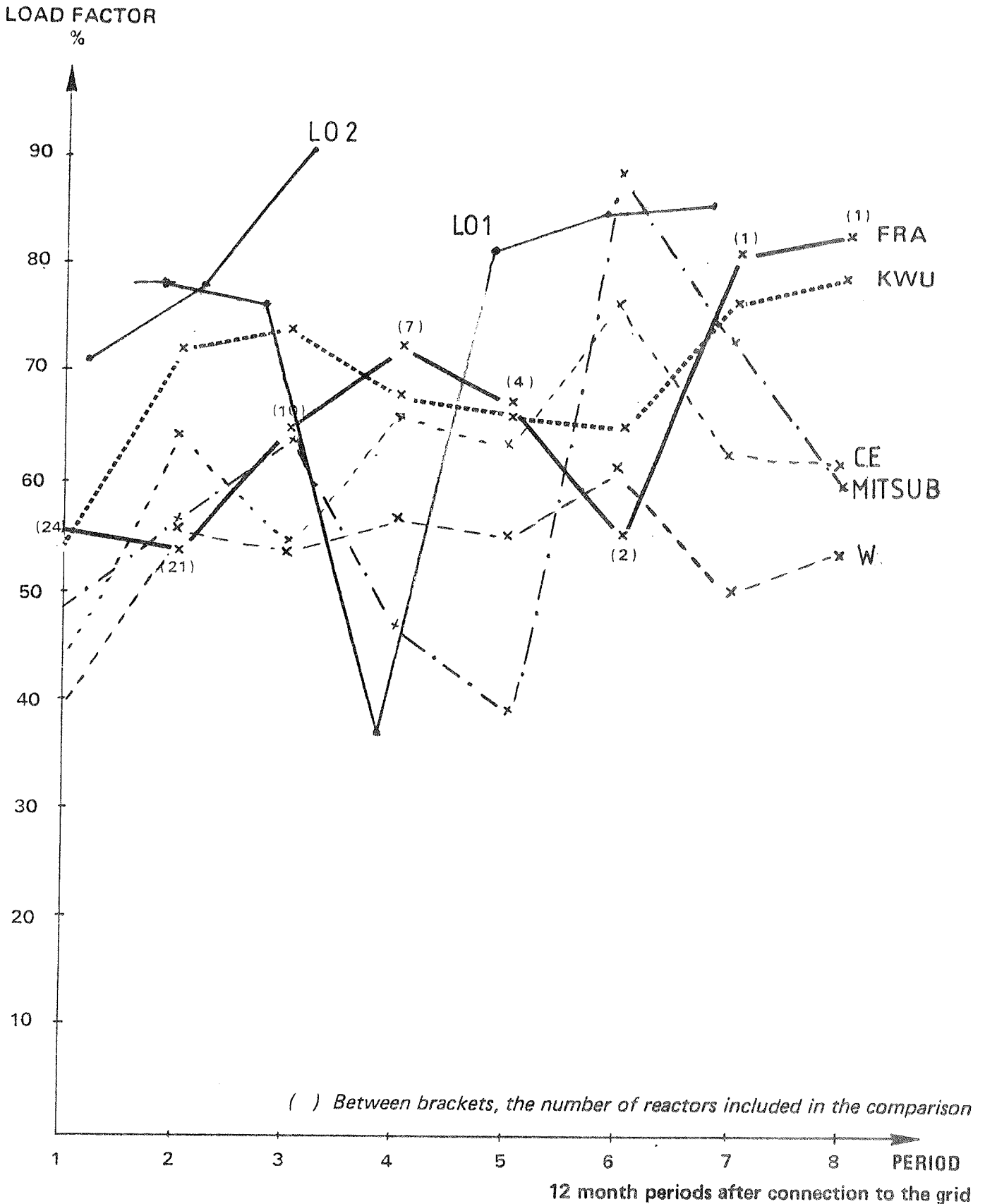
## LOCATION OF MINES AND PLANTS



-  COGEMA Uranium mines and milling plants
-  Refining plant (COMURHEX)
-  Fluorination plant (COMURHEX)

-  Enrichment plant (EURODIF)
-  Fuel fabrication plant (FBFC, SICN, CFC)
-  Reprocessing plant (COGEMA)

COMPARISON OF LOAD FACTORS FOR PWR PLANTS  
 BUILT BY FRAMATOME AND OTHERS  
 as of June 30th 1983



PREVENTION OF STRESS CORROSION CRACKING, WITH PARTICULAR EMPHASIS  
ON PROBLEMS IN NUCLEAR POWER PLANT

Dr. John Hickling

Allianz Centre for Technology, D-8045  
Ismaning, Federal Republic of Germany

Stress corrosion cracking (s.c.c.) failures amount to less than 10 % of the industrial failures investigated by the Material Testing Institute of the Allianz Insurance Company. Nevertheless, this type of crack formation must always be taken into consideration, because of its manifold unpredictability. This is especially true under the stringent safety requirements for nuclear plant. An attempt is made to subdivide s.c.c. from a practical point of view in such a way that the critical requirements for corrosion-induced cracking are apparent in each case and in order to derive the essential, engineering countermeasures for failure prevention.

The first problem area examined is that of "conventional" s.c.c. whose occurrence is specific to particular material/environment combinations and which can normally be avoided through correct selection of materials and control of the operating medium. However, it is shown with the help of examples from various power-station components that "mistakes" occur here too, particularly outside periods of normal operation (i.e. during construction, commissioning, shutdown maintenance, etc.). The principle mechanism for this type of s.c.c. is considered to be anodic dissolution of metal at an "active" crack tip ("the electrochemical knife"). Typically, s.c.c. produces several, mostly branched, cracks normal to the direction of principle stress and either intergranular or transgranular, depending on the material (or its heat-treatment condition) and the environment. Since the tensile loading required to initiate cracking often lies well below the yield stress (sometimes residual stresses alone suffice), reliable failure prevention is seldom possible only through limitations on mechanical loading, although various general measures (e.g. stress-relief annealing, shot-peening) are often applicable.

With hydrogen-induced (or "cathodic") s.c.c., the material and its heat-treatment condition are the main factors, since crack formation sometimes takes place in the purest water or in the presence only of moisture. This type of s.c.c. has increased in recent years, in part through the use of higher-strength materials, whereby weld seams with heat-affected zones of high hardness in steels are considered to be particularly susceptible. Crack formation occurs through local hydrogen embrittlement of the material (cf. cold cracking after welding), the cathodic partial reaction of the corrosion process being the source of atomic hydrogen. Engineering preventative measures mostly involve limitations on material strength, usually expressed as maximum allowable hardness. For steels, they are derived, in particular, from codes established for sour gas pipelines, where the presence of sulphide "poisons" in acid solutions encourages entry of hydrogen into the material.

Both of the abovementioned types of s.c.c. are often referred to as "classical", in the sense that cracking can be observed under suitable conditions in tests at constant load or constant displacement. So-called "strain-rate sensitive" s.c.c., however, represents a borderline case of low cycle corrosion fatigue and is relevant to nuclear power-station practice. The local occurrence in a material of slow, plastic deformation (e.g. at the tip of an existing, incipient crack) is required for cracking. This can sometimes be provided by a combination of residual and operating stresses, whereby non-stationary operation (i.e. start-up and shut-down, small load changes at high base loads) are thought to be of particular importance. Unalloyed and low-alloy steels are primarily affected, under environmental conditions which guarantee low general corrosion rates through the formation of protective films and which do not contain species capable of causing conventional s.c.c. The actual mechanism of material separation at the crack tip is capable of more than one interpretation: both anodic dissolution and cathodic hydrogen embrittlement are conceivable in conjunction with slip processes. Effective preventative measures start with correct design and material selection to reduce areas of high local strain in components and can also involve a range of constructional and operational procedures aimed at minimising mechanical and thermal loading.

## Ympäristötieteet ja ydinenergia

*Valtaosa energia-, ympäristö- ja terveysasiantuntijoista pitäytyy jo mielenrauhansa vuoksi julkisen ydinenergiakeskustelun ulkopuolella. He tuntevat itsensä avuttomiksi keskustelussa, jossa oleellista ei ole esityksen totuudellisuus vaan vaikuttavuus, jossa tärkeitä eivät ole päätösten seuraukset, vaan päätösten tekijät. He toivovat ja odottavat, että talonpoikaisjärki ja aika tekisivät tehtävänsä, että ihmiset kyllästyisivät ja mielipideammattilaiset etsisivät imagonsa uusista asioista.*

**T**horleif Bramryd tutkii Lundin yliopiston ekologian instituutissa energiantuotannon jätteiden vaikutuksia ympäristöön. Pohtiessamme kevättalvella Tukholmassa tiedotusvälineiden suhtautumista ympäristönsuojeluun hän kertoi tyypillisen tilanteen: Ennen Ruotsin ydinenergiakansanäänestystä Lundin yliopistossa vieraili tv:n tuotantoryhmä, joka teki ajankohtaisohjelmaa ydinenergian ja sen vaihtoehtojen ympäristövaikutuksista. Kun reporttereille selvisi, että tutkijat suhtautuivat ydinenergiaan myönteisesti vieläpä juuri ympäristön vuoksi, he keskeyttivät haastattelut ja poistuivat. Ohjelma nähtiin ilman Lundin yliopiston ekologeja.

Näin ovat tiedotusvälineet tuottaneet selkeän ja yhdenmukaisen kuvan ydinenergiasta: Sitä vastustavat ympäristötutkijat ja kansa, kannattavat teknokraatit ja suuri raha, ja totuuden paljastavat tiedotusvälineet.

Energiasta ja ympäristöterveydestä käydään myös tieteellistä — tosiasioihin sitoutunutta keskustelua. Tieteellisestä energia/ympäristökeskustelusta vedetään julkisuuteen vain irrallisia, yleensä keskustelun päällinjältä poikkeavia argumentteja. Tämän vuoksi olen koonnut tähän katsauksen joukon sitaatteja, jotka mahdollisimman arvovaltaisesti kuvaavat ympäristötieteellisen ydinenergiakeskustelun keskeisiä näkemyksiä. Lähteinä olen käyttänyt UNEP:n (YK:n ympäristöohjelma) ja WHO:n (Maailman terveysjärjestö) raportteja sekä CRC:n Kriittistä ympäristötieteellistä kokoomajulkaisusarjaa. Omat lisäyksetni olen pannut sulkuihin.

### *UNEP: Kivihiili vs. ydinvoima*

Ydinvoiman vastustus on johtanut kivihiilen käytön voimakkaaseen lisääntymiseen, ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kohoamiseen, happosateisiin seurausilmiöineen jne. Tämän vuoksi UNEP julkaisi yhteistyössä Ruotsin ja Neuvostoliiton tiedeakatemioiden kanssa v. 1982 selvityksen: Lisääntyvän kivihiilen käytön ympäristöseuraamukset. Kirjassa ennakoidaan kivihiilen käyttöä ja sen vaikutuksia ensi vuosituhanneelle, ja tehdään runsaasti vertailuja ydinenergiaan:

''Uudet arviot osoittavat, että kivihiilen polton aiheuttama säteilyaltistus vastaa koko normaalisti toimivan ydinpolttoainekierron ympäristösään aiheuttamaa säteilyaltistusta. Otettaessa huomioon sekä työntekijöiden, että muun väestön altistukset, jotka johtuvat normaalista toiminnasta, ydinenergia aiheuttaa

noin 4 kertaa suuremman säteilyaltistuksen kuin energian tuottaminen kivihiilestä.''

Kivihiilestä aiheutuvat riskit ovat kuitenkin valtaosaltaan peräisin muualta kuin säteilystä. Kirjassa esitetään kokonaisriskien vertailu useassa laajassa taulukossa, joista olen yhdistänyt seuraavat kaksi taulukkoa. Ne esittävät terveyshaittoja, jotka aiheutuvat 1 000 MW voimalaitoksen yhden vuoden toiminnasta.

Jos kaikki USA:n sähköenergia olisi tuotettu ydinenergialla, olisi muitten olosuhteiden pysyessä muuttumattomina v. 1975 säästetty 1 800—19 000 ihmishenkeä ja vältetty 28 000—44 000 ihmisen invalidisoitumiselta!

UNEP:n selvityksen loppusuositus on: ''Tärkeänä ympäristön hallitsemisen päämääränä tulisi olla mahdollisimman monien vaihtoehtojen pitäminen avoimena. Näin voidaan vähentää mahdollisuuksia joutua yllätetyiksi ja kyyryttömiksi selviämään odottamattomista biogeofysikaalisista ja taloudellisista seuraamuksista.''

### *WHO: Ydinenergian terveysvaikutukset*

Maailman terveysjärjestö, WHO, on julkaissut ydinenergian tuotantoon liittyvistä terveyskysymyksistä kolme raporttia (kaksi on vielä tulossa): Ydinenergian tuotannon terveysvaikutukset, 1978, WHO-3, Ydinenergia: Transuraanien terveysvaikutukset, 1982, WHO-11 ja Ydinenergia: Korkea-aktiivisen jätteen hallinta, 1982, WHO-13.

Ensimmäisen raportin suositussassa todetaan aluksi: ''Ydinvoima-teollisuuden määrällisiä vaikutuksia



terveyteen ja hyvinvointiin tulee verrata vaihtoehtoisten energianlähteiden nykyisiin ja tuleviin terveysvaikutuksiin. Vertailut tulisi tehdä tasapuolisesti, yhtä suurta energiamäärää kohden ja koskien operaatioiden koko kiertoja. Koska tietämys vaihtoehtoisten energianlähteiden aiheuttamista terveysvaikutuksista on yleensä epätarkempaa kuin tietämys säteilyn vaikutuksista, saatavilla olevaa informaatiota tulisi tarkastella kriittisesti ja vaihtoehtoisten energianlähteiden terveysvaikutuksia koskevaa tutkimusta olisi lisättävä." (WHO-3)

**Ydinvoimalaonnettomuuksista:**

"Työryhmä ei nähnyt mitään syytä poiketa useissa maissa suoritettujen ydinvoimalaitosten turvallisuusanalyysien yleisistä johtopäätöksistä. Kaikki nämä analyysit arvioivat ydinreaktorionnettomuuksien, joissa ympäristöön pääsisi radioaktiivisuutta, yleisöön kohdistuvan riskin olevan alhaisen. Vaikka monia pieniä onnettomuuksia saattaakin tapahtua, niiden vaikutuksia ovat enemmänkin sähköntuotantokapasiteetin vähentäminen, taloudelliset vahingot ja emootiot, kuin fyysinen haitta." (Ketekä ovatkaan väittäneet, että asiantuntijat eivät osanneet ennakoita Harrisburgin kaltaista onnettomuutta seurauksineen.) (WHO-3)

**Terrorismista:**

"Vaikka ei olekaan absoluuttisia takeita, että terroristit eivät voisi varastaa radioaktiivisia materiaaleja, tai yrittää sabotaasia ydinvoimalaa vastaan, sellaisten tekojen yleisölle aiheuttama riski ei aiheuttaisi merkittävää lisäystä nykyisessä yhteiskunnassa esiintyvään vastaavaan uhkaan... (WHO-3) Tutkimukset osoittavat, että ydinvoimalaitokset ovat paljon vähemmän alttiita sabotaasille kuin useimmat muut teollisuuskohdeet". (WHO-3)

**Radioaktiivisista jätteistä** kolmannen raportin suositusosassa todetaan:

"Verrattuna useimpiin muihin myrkyllisiin jätteisiin, radioaktiivisten jätteiden turvalliseen käsittelyyn ja poistamiseen on aina kiinnitetty suurempaa huomiota. Huolimatta joidenkin ihmisryhmien epäluuloista, jotka epäilevät mahdollisuuksia ratkaista jäteongelma ja ehkä väärin tulkitsevat turvallisuuden huomi-

TAULUKKO 1: 1000 MW voimalaitoksen työntekijöihin ja muuhun väestöön kohdistuvia vaikutuksia yhtä vuotta kohden (UNEP, 1982, taulukoista 5.8, 5.9 ja 5.10).

	HIILI		YDIN	
	kuolemat	invalidisoitumiset	kuolemat	sairastumiset
työntekijät	7,2	76	0,6	16
muu väestö	292	355	0,06	

TAULUKKO 2: V. 1975 arvioidut sähköntuotannon terveysvaikutukset USA:ssa polttoaineittain (UNEP, 1982, taulukosta 5.11, laskettu 1000 MW tehoyksikköä kohden).

	kuolemat	invalidisoitumiset
hiili	15 — 120	,90—300
öljy	2 — 91	91—160
kaasu	0,1—	13—
ydin	0,7— 1,6	5— 18

oonottamisen pelon aiheeksi, nimimät asiaatuntevat tämän alan työntekijät uskovat, että (korkea-aktiivisen jätteen) turvalliseen loppusijoittamiseen tarvittava teknologia on jo saatavilla... Radioaktiivisen jätteen turvallista hallintaa, varastointia ja loppusijoittamista helpottaa kaksi seikkaa. Ensiksi radionuklidien hajoaminen vähentää ajan kuluessa voimakkaasti niiden myrkyllisyyttä ja lämmönmuodostusta, ja toiseksi (radionuklidien) riittävän monitoroinnin, havaitsemisen ja mittaamisen helppous mahdollistaa epänormaalien tilanteiden korjaamisen jo ennenkuin ei-hyväksyttävä tilanne kehittyi." (WHO-13) "...vaikka nykyinen käytäntö varastoida jätteitä säiliöihin erityisesti suunniteltuihin turvalliseksi, pitkän aikavälin turvallisuutta voidaan edelleen lisätä muuttamalla nestemäinen jätte kiinteäksi... Lukuisia vaihtoehtoja on tarjolla tämän jätteen lopulliseksi sijoittamiseksi, mutta koska mitään välitöntä tarvetta loppusijoitusmenetelmän valitsemiseksi ei ole, vaihtoehtojen perusteelliseen tutkimiseen on aikaa... paineita nopeisiin, myöhemmin ehkä epäkypsiksi osoittautuviin päätöksiin tulisi vastustaa." (WHO-3)

"...vuosisatamme loppuun men-

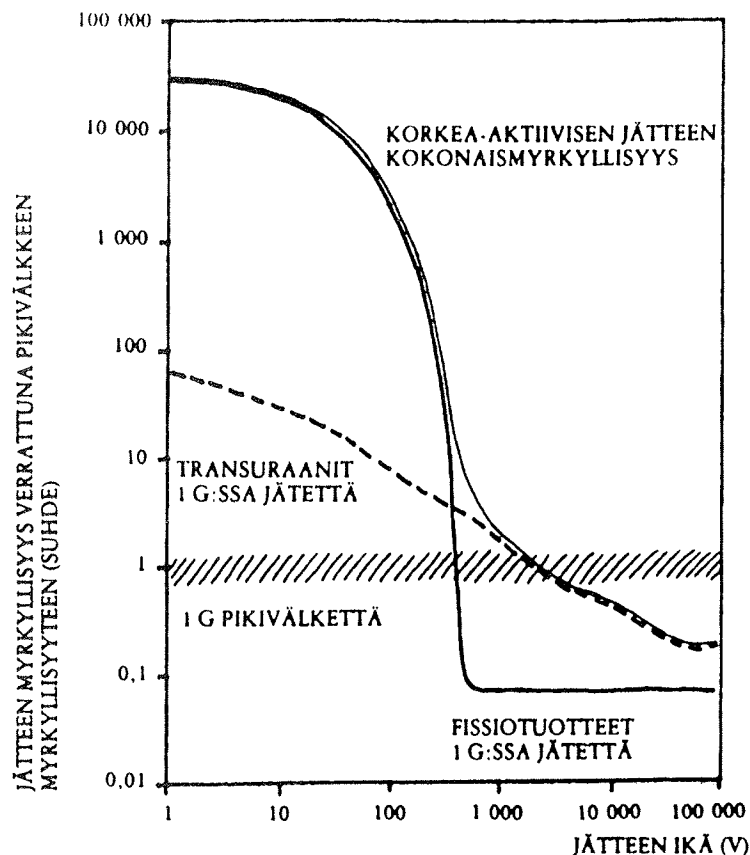
nessä (arvioitu) 100 000 MW kohoava ydinsähköteho tuottaisi 3 000 m<sup>3</sup> lasitettua jätettä, mikä voitaisiin varastoida... 1 ha alueelle... Ei ole mitään syytä, miksei tällaista... varastointia voitaisi turvallisesti jatkaa loppuun... Kannattaa huomioida, että 1 000—3 000 vuoden kuluttua jätemateriaalin myrkyllisyys on laskenut tyypillisten (luonnon) radioaktiivisten mineraalien alapuolelle." (katso myös oheista kuvaa) (WHO-3)

"(Ydinjätteiden) nykyiset ja ennakoitavat päästöt mereen aiheuttavat ainoastaan minimaalisen lisäyksen meren luonnolliseen kokonaisradioaktiivisuuteen." (WHO-3)

"...on jo selvää, että (korkea-aktiivisen jätteen) loppusijoituspaikan rakentamisen ja käyttämisen kustannukset ovat vain... noin 1 % ydinenergian hinnasta. On mahdollista, että nämä ensimmäiset suunnitelmat ovat konservatiivisia, ja lisätutkimustulokset mahdollistavat halvempia vaihtoehtoja (korkea-aktiivisen jätteen loppusijoittamiseksi)." (WHO-13)

Transuraanien (neptunium, plutonium, amerikum ja curium) ympäristöriskeistä tekee WHO-11 seuraavat johtopäätökset:

"Transuraanien käyttäytymisestä ja vaikutuksista elimestössä on ole-



Lasitetun korkea-aktiivisen ydinpoltoaineen myrkyllisyys verrattuna pikivälkkeen (luonnossa esiintyvä uraanipitoinen mineraali) myrkyllisyyteen. Massayksikköä kohden laskettuna korkea-aktiivisen jätteen myrkyllisyys laskee pikivälkkeen myrkyllisyyttä alhaisemmaksi 1 000—3 000 vuoden kuluessa.

massaolevan tiedon perusteella selvää, että näiden alkuaineiden säteilymyrkyllisyys ei ole ainoalaatuista." (WHO-11)

"Suurimmat transuraanien päästöt ympäristöön ovat johtuneet ydinasekokeista. Ydinpoltoainekierron kaikista vaiheista aiheutuvat päästöt ovat paljon pienemmät." (WHO-11)

"Transuraanit käyttäytyvät ympäristössä tavalla, joka on tyypillinen raskaille metalleille... Kasvit eivät helposti kerää maasta transuraaneja, eivätkä ne juuri absorboidu ihmisten tai eläinten ruoansulatuskanavasta..." (WHO-11)

Ydinvoimalaitosten purkamisesta:

"Yksityiskohtaisia suunnitelmia on tekeillä (vanhojen) ydinreaktoreiden ja -voimalaitosten käytöstä poistamiseksi, ja purkamiseksi, ja useita koevoimalaitoksia on jo... purettu ilman huomattavia ongelmia. Tällaiset operaatiot tuottavat kuitenkin

paljon matala-aktiivista jätettä." (WHO-3)

Ensimmäisen raportin viimeinen kappale käsittelee yleisön informoimista:

"Ydinenergia on tuotu useisiin maihin ilman julkisen keskustelun tai ristiriidan nousemista. Kuitenkin monissa maissa käydään ydinenergian hyväksyttävyydestä lisääntyvää julkista debattia. Julkiset ja yksityiset organisaatiot tuottavat yleisölle lisääntyvässä määrin usein ristiriitaista informaatiota ydinenergian kasvun näkökulmista. Ydinpoltoainekierrosta aiheutuvan säteilyn terveysvaikutukset ovat julkisen debatin keskeisiä kysymyksiä. Työryhmä painottaa aikaisen ja jatkuvan, täyden ja todellisen tiedon jakamista, koskien toimivien ydinvoimalaitosten todennäköisiä vaikutuksia ja sisältäen vertailun vaihtoehtoisiin energianlähteisiin. Kansanterveysviranomaisten tulisi osallistua tämän tiedon jakami-

seen. Kansainvälisten organisaatioiden tulisi esittää merkittävää roolia ydinenergiatiedon levittämisessä, ja niiden tulisi lisätä suuren yleisön yleistä tietoisuutta ja luottamusta." (WHO-3)

### Säteilybiologian näkökulma

Edelläolevat sitaattit käsittelevät ydinenergiatuotannon vaikutuksia terveyteen ja hyvinvointiin. Sen vaikutuksia ympäristöön ja luontoon on myös tutkittu yli 30 vuotta. Tutkimuksen avainasemassa ovat säteilybiologit ja säteilyekologit.

Schultz, eläintieteilijä, ja Whicker, säteilybiologi, kirjoittavat 181 lähteeseen perustuvassa katsauksessaan "Ydinpoltoainekierto, ionisoiva säteily ja vaikutukset luonnon ekosysteemien kasveihin ja eläimiin" (1980):

(Hannfordissa, Washingtonin osavaltiossa, on 40-luvulta lähtien sijainnut ydinaseplutoniumin tuotantolaitos. Vuoteen 1964 saakka sen tuotantoreaktoreita jäähdytettiin johtamalla Columbia-joen vettä suoraan reaktoreiden läpi. Tuotoreaktoreiden radioaktiiviset päästöt olivat jopa 100 000-kertaiset verrattuna nykyaikaisiin sähköä tuottaviin reaktoreihin)

"...lukuisia tutkimuksia on suoritettu (näiden) korkeiden laskeuma- ja päästömäärien kohtalosta Columbia-joessa havaitsematta mitään vaikutuksia kasveihin tai eläimiin. Juuri nämä ja muut korkeiden säteilyaltistusten vaikutusten tutkimukset vakuuttavat säteilyekologin siitä, että merkittäviä säteilystä johtuvia ekologistia vaikutuksia ei tulla löytämään normaalisti toimivan ydinvoimalaitoksen läheisyydestä.

"Säteilystään johtuen... radioisotoopit voidaan... havaita ympäristöstä pitoisuuksissa, jotka ovat paljon alhaisemmat kuin ne, joilla todellisia terveysongelmia ([tai ekologistia ongelmia] alkaa esiintyä. Valitettavasti me emme voi sanoa samaa lukuisista ei-radioaktiivisista saasteista, joita kyetään mittaamaan vasta pitoisuuksissa, jotka ovat hyvin lähellä niiden myrkyllisyysrajaa tai jopa ylittävät sen... Kaikkien keinotekoisien säteilyjen yhteisvaikutus ei ylitä luonnon

säteilyn normaaleja vaihtelurajoja, ja jos hyvin matalien säteilyannosten geneettiset vaikutukset olisivat todella kumulatiivisia, luonnon säteily, jolle me kaikki ylivoimaisesti eniten altistumme, olisi yksin eliminoinut kaiken elämän maapallolta kauan sitten."

### Johtopäätöksiä

Schultzin ja Whickerin johtopäätös on:

"Jos kansakunnat käyttävät ydinvoimalaitoksia ja niihin liittyviä laitteita ihmisen terveyden suojelemiseksi suositeltujen säteilyohjeiden mukaisesti, niiden ionisoivasta säteilystä ei tule olemaan mitään havaittavissa olevaa vaikutusta luonnon populaatioihin tai ekosysteemeihin."

Tämän sitaattikokoelman voisi kymmenen- tai satakertaistaa ottamatta mukaan ainoatakaan taloudellista argumenttia tai ydinvoimateollisuutta edustavaa julkaisua. Yhteenvedoksi lainaan maailmankuulua ruotsalaista säteilybiologia, Gunnar Valinderin teoksessa *Vilket energiform* (1977):

"Onnetonta on ollut se yksipuolinen ydinvoiman vastainen kamppailu, jota ovat vetäneet monet, varmasti vakavasti huolestuneet, mutta esim. geneettisistä ja syöpäpatologisista riippuvaisuussuhteista tietämättömät ryhmät. Ei ole haluttu tai osattu nähdä, että juuri parjattu ydinenergia kykenee ratkaisemaan erittäin pahimpia ympäristöongelmia. Niinpä en vetoa teknisiin tai työmarkkina-argumentteihin — joita en ole pätevä arvioimaan — vaan niihin mahdollisuuksiin, joita ydinenergia tarjoaa sietämättömän ympäristötilanteen parantamiseksi. Ympäristönsuojeluryhmien toiminta ydinenergiaa vastaan on kääntynyt heidän omia päämääriään — joista olen täysin samaa mieltä — vastaan, ja epäsuorasti luonut vielä pahemman ymāristövaaran pysäyttämällä kehityksen ympäristön kannalta kestävämpään tilanteeseen."

Tähän ei ole paljoa lisättävää. V. 1977 jälkeen ovat tietomme happo-

sateiden ja ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvun vaikutuksista ja hajautetun lämpöenergiantuotannon syöpävaarallisista päästöistä huomattavasti lisääntyneet. Uuden tiedon valossa Valinderin vetoamus on tullut entistä merkittävämmäksi.

Ympäristönsuojelun luisuminen tv-populistiseen ydinvoiman vastustamiseen on ollut pitkää ja masentavaa erehdystä. Mitä pikemmin tämä onneton korpivaellus päättyy, sitä nopeammin ympäristönsuojelu pääsee jälleen käsiksi todellisiin tehtäviinsä; luonnon suojeluun, ja ihmisen elinympäristön laadulliseen parantamiseen kaikkialla maailmassa. Orastavia merkkejä paremmasta on jo näkyvissä. Vaikeimpana ongelmana on nyt ympäristönsuojelun uskottavuuden säilyttäminen.

---

### Lähteet:

*Valinder: Vilket energiform? Biologiska verkningar på människan. CDL, Stockholm, 1977*

*Health Implications of Nuclear Power Production. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1978 (European Series, No. 3)*

*Schultz, Whicker: Nuclear Fuel Cycle, Ionizing Radiation, and Effects on Biota of the Natural Environment. CRC Critical Reviews in Environmental Control. Vol. 10, No. 3, Oct. 1980*

*Nuclear Power: Health Implications of Transuranium Elements. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1982 (European Series, No. 11)*

*Chadwick, Lindman (eds.): Environmental Implications of Expanded Coal Utilization. A Study of the Royal Swedish Academy of Sciences, The United Nations Environmental Programme, and the USSR Academy of Sciences. Pergamon Press, Oxford, 1982*

*Nuclear Power: Management of High Level Radioactive Waste. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1982 (European Series, No. 13)*

## YDINVOIMALAITOSMATERIAALIEN KORROOSIOTUTKIMUS VTT:N METALLI-LABORATORIOSSA

Hannu Hänninen ja Pertti Aaltonen

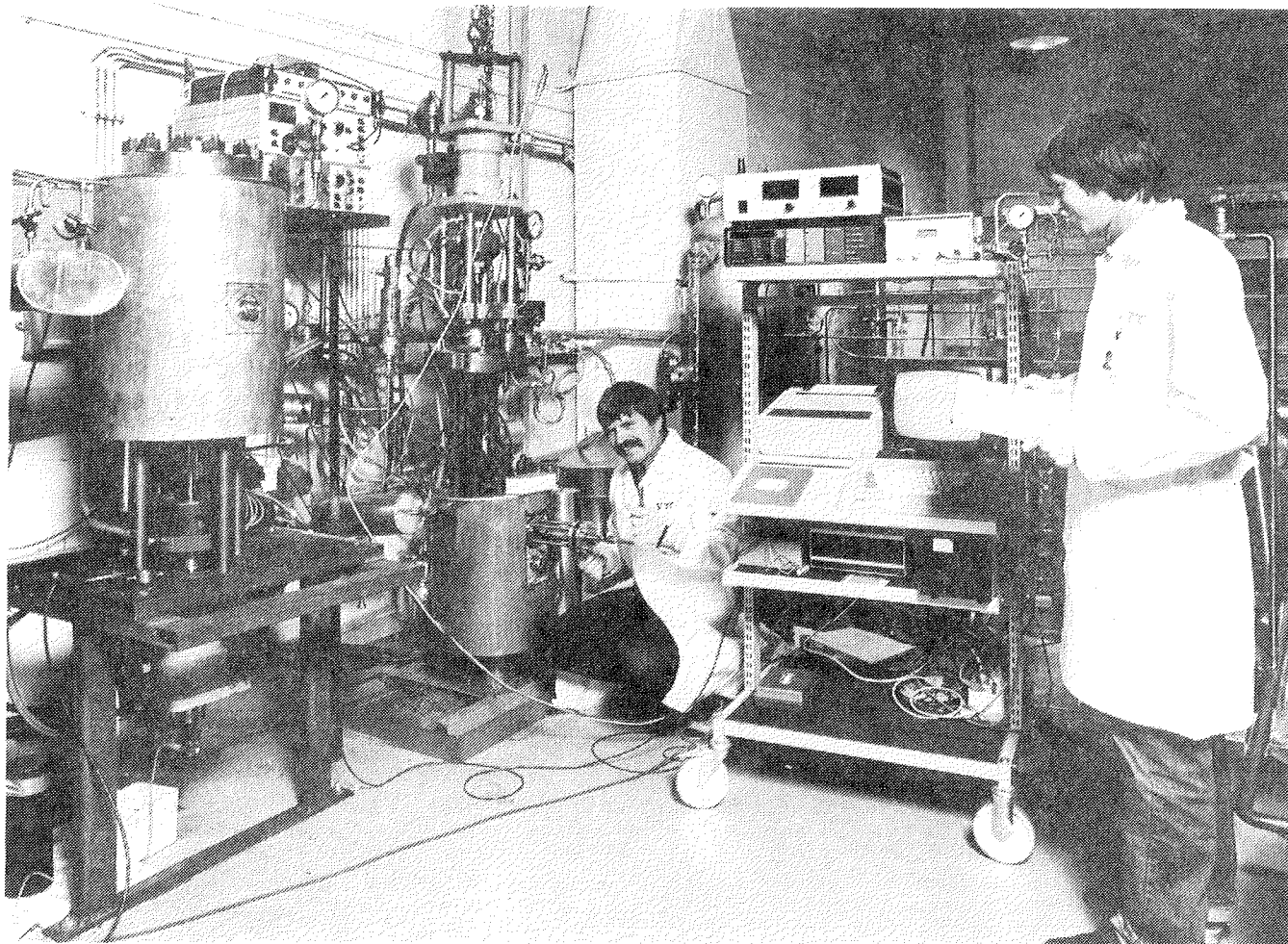
### 1. YLEISTÄ

Kauppa- ja teollisuusministeriön ja VTT:n rahoittama "Ydinvoimalaitosmateriaalien käyttövarmuus-tutkimus" on kohdistunut pääasiassa ympäristön aiheuttamaan särönkasvuun (korroosioväsyminen, jännityskorroosio ja vetyhauraus), hapettumiseen ja dekontamointiin sekä korroosiotuotteiden kulkeutumiseen ydinvoimalaitoksessa. Tutkimuksessa on selvitetty konstruktiomateriaalien eri korroosionmuotoja primaari-, sekundaari- ja merivesipiireissä, käytetyn polttoaineen vesiallas-varastoinnissa sekä korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoitusolosuhteissa. Tutkimukset on pyritty tekemään todellisia käyttöolosuhteita vastaavissa olosuhteissa. Tämä on johtanut korkeissa lämpötiloissa ja paineissa toimivien korroosiontestauslaitteiden rakentamiseen.

### 2. KORROOSIOVÄSYMINEEN

Tutkimuksen painopiste on ollut paineastiaterästen korroosioväsymisessä. Reaktoripaineastiateräksiä on väsytetty todellisia ydinvoimalaitosolosuhteita vastaavissa olosuhteissa (300 °C, 12 MPa). Tutkimukseen on liittynyt aktiivinen osallistuminen kansainväliseen yhteistyöhön "International Cyclic Crack Growth Rate Group"-työryhmän puitteissa. Tähän yhteistyöhön osallistuu 12 maata ja lähes 40 laboratoriota. Suomen panos on keskittynyt korroosioväsymisen mekanismitutkimukseen ja metallografiaan.

Korroosioväsymistutkimus on edellyttänyt uusien tutkimuslaitteiden rakentamista. Koska markkinoilla ei ole tällaisia laitteita, on VTT yhdessä kotimaisen teollisuuden kanssa suunnitellut ja rakentanut tarvittavat kiertovesipiireillä varustetut autoklaavit, kuva 1. Autoklaavit ja kiertovesipiirit on toimittanut Oy Huber Ab ja aineenkoetuslaitteet Oy Robcon Ab. Lopputuloksena on syntynyt tuote, jolla näyttää olevan hyvät mahdollisuudet kilpailla kansainvälisillä markkinoilla.



Kuva 1. Korroosioväsytyksautoklaavit ydinvoimalaitosolosuhteita jäljittelevää materiaalitestausta varten.

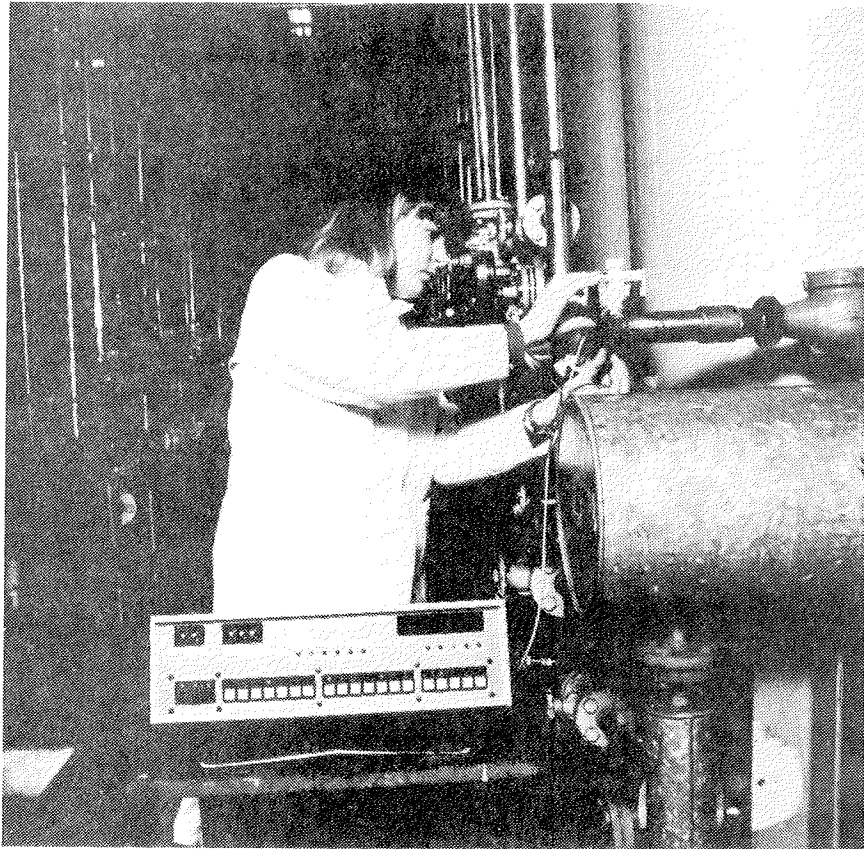
Korkeapaineautoklaaveissa tehtävän korroosioväsytyksen lisäksi on kehitetty laitteistoja, joissa haluttu korroosioympäristö saadaan koesauvan ympärille. Tällaisilla laitteilla tehdään korroosioväsytyksiä voimalaitosolosuhteissa, mutta ne sopivat hyvin esimerkiksi merivesi- tai prosessiteollisuuden olosuhteissa tapahtuvan korroosioväsymisen tutkimiseen.

### 3. JÄNNITYSKORROOSIO

Ydinvoimalaitoksissa havaitut putkistomurtumat ovat yleensä esiintyneet herkistyneissä ruostumattomissa teräksissä. Murtuman aiheuttajaksi on todettu raerajoja pitkin etenevä jännityskorroosio. Raerajajännityskorroosion esiintymistä ruostumattomissa teräksissä kontrolloi kolme kriittistä tekijää: teräksen herkistynyt mikrorakenne, kriittinen jännitystaso ja ympäristö. Suuri osa vauriotapauksista on johtunut murtumista hitsien lämpövyöhykkeissä. Hitsausjännitykset voivat aiheuttaa jännityksen kohoamisen kriittiselle tasolle. Sen lisäksi lämmöntuonti

hitsauksen aikana aiheuttaa karbidien erkautumista raerajoille eli herkistymisen. Austeniittiseen ruostumattomaan teräkseen muodostuu herkistynyt mikrorakenne, jos se on niin kauan lämpötila-alueella 500 °...850 °C, että kromivaltainen karbidi  $M_{23}C_6$  erkautuu raerajoille. Karbidin erkautumiseen liittyy kromiköyhän alueen muodostuminen raerajojen molemmille puolille sekä muita mikrorakenteellisia muutoksia kuten epäpuhtausatomien suotautuminen ja mahdollinen marteniitin muodostuminen raerajoille. Ruostumattoman teräksen herkistymisaste voi hitsauksen jälkeen olla matala, mutta herkistymisaste voi kohota, jos lämpötila on riittävän korkea karbidien kasvun kannalta. On todettu, että ydinvoimalaitosten käyttölämpötila (300 °C) on riittävä aiheuttamaan karbidien hidasta kasvua ja siten herkistymisasteen kohoamista käytön aikana. Tätä ilmiötä, jossa hitsausliitosten lämpövyöhykkeeseen muodostuneet karbidiytimet kasvavat käytön aikana, kutsutaan matalalämpötilaherkistymiseksi.

VTT:n metallilaboratoriossa on tutkittu hitsauksen ja sen jälkeisen matalassa lämpötilassa (350°...500 °C) tapahtuvan lämpökäsittelyn vaikutusta materiaalin herkistymisasteeseen. Tulosten perusteella arvioidaan ydinvoimalaitosten putkistojen hitsien lämpövyöhykkeiden herkistymisasteessa käytön aikana tapahtuvia muutoksia. Raerajakorroosioalttiudessa tapahtuvien pienien muutosten tutkimista varten on kehitetty sähkökemiallinen raerajakorroosiotesti, EPR-testi (Electrochemical Potentiokinetic Reactivation Test). Tätä testiä voidaan myös käyttää laitoksilla tehtävänä ainettarikkomattomana herkistymistestinä, kuva 2. Ruostumattoman teräksen mikrorakenteessa tapahtuvia muutoksia seurataan lisäksi käyttäen läpivalaisu- ja pyyhkäisy-elektronimikroskopiaa. Tutkimuksessa saatujen koetulosten perusteella voidaan tehdä mm. seuraavia johtopäätöksiä. Hitsauksen aikana AISI 304 teräkseen muodostuvan herkistyneen alueen laajuus ja sijainti riippuvat hitsauksen lämmöntuonnista. Hitsauksen jälkeen raerajoilla havaitaan pieniä karbidiytimiä. Käyttö lämpötilassa, joka on niin matala, ettei uusia karbideja erkaannu, voi aiheuttaa herkistyneen alueen laajenemisen karbidiytimien kasvaessa. Matalalämpötilaherkistymisen lämpötila/aika-riippuvuus arvioitiin EPR-testin tulosten avulla. Tulosten perusteella on AISI 304 teräksen hisausliitoksen herkistymisasteessa odotettavissa merkittävää kohoamista 5...15 vuoden kuluessa, kun käyttölämpötila on 280°. Jatkossa selvitetään jännityskorroosioalttiuden ja herkistymisen välinen riippuvuus.



Kuva 2. Ainettarikkomattoman sähkökemiallisen herkistymistestin suorittaminen laitoksella.

Paineastia- ja hiiliterästen jännityskorroosiota tutkitaan käyttäen murtumismekaanisia koesauvoja sekä ns. "vakiovetonopeustekniikkaa", jossa suoritetaan vetokoe hyvin hitaalla vetonopeudella ( $<10^{-5}$  l/s) tutkittavissa ympäristöolosuhteissa. Tällaisia testejä tehdään voimalaitosolosuhteita jäljitellen vakiovetonopeuslaitteilla varustetuissa autoklaaveissa.

#### 4. SÄHKÖKEMIALLISET MITTAUKSET

VTT:n metallilaboratoriossa on valmistettu elektrodeja, jotka mahdollistavat korkeissa lämpötiloissa ja paineissa tapahtuvien koeympäristön ja koemateriaalien sähkökemiallisten muutosten seuraamisen. Koemateriaalin sähkökemiallisen potentiaalin mittaaminen antaa tietoa materiaalin ja

ympäristön välisistä reaktioista. Potentiaali-  
mittauksiin käytetään Ag/AgCl referenssielektro-  
deja, joiden stabiilisuus pitkienkin kokeiden  
aikana on hyvä. Parhaillaan valmistaudutaan myös  
pH-mittausten suorittamiseen paineenalaisena kor-  
keassa lämpötilassa ( $>100$  °C). Erityisesti puh-  
taassa vedessä epäpuhtauksien vaikutuksesta  
korkeissa lämpötiloissa tapahtuvat pH-muutokset  
saattavat vaikuttaa korroosioreaktioihin. Koe-  
ympäristön valvontaan on käytetty redox-poten-  
tiaalin mittausta, mutta tulevaisuudessa tämän  
lisäksi tullaan mittaamaan myös happi- ja vety-  
pitoisuudet suoraan korkeassa lämpötilassa. Koe-  
materiaalin ja koeympäristön sähkökemiallisten  
reaktioiden seuraaminen korkeissa lämpötiloissa  
erilaisissa koeympäristöissä tulee helpottamaan  
esim. materiaalin valintaan liittyvien korroo-  
sionopeuskokeiden suorittamista ja parantamaan  
koetulosten luotettavuutta.

## 5. YMPÄRISTÖN AIHAUTTAMIEN MURTUMISILMIÖIDEN MEKANISMITUTKIMUS

Mekanismitutkimuksessa pääpaino on materiaalien  
metallurgisen rakenteen ja murtumiskestävyys-  
välisten riippuvuuksien selittämisessä. Tällai-  
sia tutkimuksia ovat esimerkiksi paineastiateräk-  
sen mangaanisulfidien vaikutus teräksen korroo-  
sioväsymiseen, lujien nikkeli-valtaisten seosten  
lämpökäsittelytilan ja jännityskorroosionkestä-  
vyyden riippuvuus sekä herkistymisasteen vaikutus  
austeniittisten ruostumattomien terästen raeraja-  
jännityskorroosioon. Tutkimuksissa selvitetään  
murtumien sisällä olevien paikallisten kemiallis-  
ten ja sähkökemiallisten olosuhteiden vaikutusta  
murtumien kasvuun. Paineastiaterästen murtumien  
sisäisiä olosuhteita kontrolloi teräksessä ole-  
vien mangaanisulfidisulkeumien liukeneminen.  
Herkistyneiden ruostumattomien terästen raeraja-  
jännityskorroosiossa raerajoille suotautuneet  
epäpuhtaudet kontrolloivat yhdessä kromikyhty-  
misen kanssa murtumien sisäisiä olosuhteita.

Ympäristön aiheuttamien murtumisilmiöiden meka-  
nismitutkimuksen pääongelma on: "Onko murtuman  
kasvu liukenemisen vai paikallisen vetyhaurauden  
kontrolloima?". Viime vuosina on VTT:n metalli-  
laboratoriossa erityisesti tutkittu sekä paine-  
astia- että ruostumattomien terästen ja nikkeli-  
seosten vetyhaurautta. Koska murtuman kärjen  
kemiallisten ja sähkökemiallisten olosuhteiden  
tunteminen on välttämätöntä murtumien kasvumeka-  
nismien selvittämisen kannalta, on tutkimuksen  
painopiste siirtymässä rakokemiatutkimuksiin.  
Mittaukset pyritään tekemään in situ todellisissa  
käyttöolosuhteissa.



## 6. HAPETTUMINEN JA DEKONTAMINOINTI

Ydinvoimalaitoksen primaaripiirissä korroosiotuotteet kulkeutuessaan reaktorisydämen kautta aktivoituvat ja saostuessaan putkistojen ja laitteiden seinämiin kohottavat laitoksen radioaktiivisuustasoa reaktoripaineastian ulkopuolella. Tarkastus- ja huoltotyöt edellyttävät usein radioaktiivisten oksidikerrosten poistumista, dekontaminointia. VTT:n metallilaboratoriossa on tutkittu sekä kiehutusvesi- että painevesireaktoriolosuhteissa syntyvien oksidikerrosten rakenteita. Tutkimuksessa on käytetty normaalin metallografian lisäksi röntgendiffraktiota, elektronimikroskopiaa ja pintaspektroskopiaa. Dekontaminointikokeita on tehty sekä erilaisilla kemiallisilla menetelmillä (hapettavat ja pelkistävät dekontaminointiliuokset) että sähkökemiallisilla menetelmillä. Erityisesti on selvitetty mikä merkitys on useita kertoja suoritettulla dekontaminointikäsitteilyllä metallipintojen uudelleenhapettumisessa.

Polttoainesauvojen pinnoille saostuneita korroosiotuotteita on myös tutkittu. Saostumisella saattaa olla merkitystä polttoaineen suojakouren (sirkoniseokset) korrosioon. Lisäksi näiden saostumien irtoamismekanismija on selvitetty.

## 7. YDINJÄTTEEN LOPPUSIJOITUSKAPSELIEN KORROOSIO

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksessa kapselien kestävyysvaikuttavat niiden materiaali, valmistustekniikka sekä niitä ympäröivät olosuhteet. Alustavasti esitettyjen materiaali- vaihtoehtojen, kupari, titaani ja nikkeli-pohjaiset seokset, valinnan perusteena on käytetty näiden materiaalien hyvää yleistä ja paikallisen korroosion kestävyttä. Kapselien valmistuksessa käytettävät menetelmät, hitsaus, valu ja iso- staattinen puristus aiheuttavat kuitenkin materiaaleihin virheitä, jotka lisäävät paikallisten korroosiomuotojen (esim. jännityskorroosio) esiintymisen mahdollisuutta. Metallilaboratoriossa suoritettavissa tutkimuksissa selvitetään ympäristömuuttujien vaikutusta kapselien yleiseen korrosioon sekä mahdolliseen jännityskorroosion esiintymiseen.

## 8. POHJOISMAINEN YHTEISTYÖ

Kansainvälinen yhteistyö on välttämätöntä tutkimuksissa, joissa muuttujia on niin paljon, ettei niitä voida hallita yhdessä laboratoriossa tai edes yhdessä maassa. Tyypillinen esimerkki tällaisesta kalliista resursseja vaativasta tutkimuksesta on em. paineastiaterästen korroosioväsytyisyhteistyö. Vuonna 1982 aloitettiin yhteispohjoismainen ydinvoimalaitosmateriaalien korroosiotutkimus. Ensimmäisessä vaiheessa tehdään selvitys pohjoismaiden ydinvoimalaitosten korroosioaurioista, selvitetään merivesipiirien korroosio-ongelmat erityisesti pumppujen ja venttiilien osalta, tutkitaan lämpökäsittelytilan vaikutusta lujien nikkelivaltaisten seosten jännityskorroosioon sekä pidettiin pohjoismainen symposio vaihtoehtoisten uusien materiaalien käyttömahdollisuuksista voimalaitoskomponenteissa. Pohjoismainen korroosiotutkimusyhteistyö on alkanut suotuisasti ja ilmeisesti saa myös jatkossa riittävää rahoitusta, jotta sitä voidaan edelleen lisätä.

HaH/PAA/AH/41b



Fil.lis. Björn Wahlström  
IMATRAN VOIMA OY

#### YDINVOIMA JA JOUKKOTIEDOTUSVÄLINEET

25 - 27 maaliskuuta 1984 järjestettiin Bernissä ENS PUBLIC ACCEPTANCE WORKSHOP 1984. Teemana oli tänä vuonna NUCLEAR POWER AND THE MEDIA. Tilaisuuteen osallistui 113 henkilöä 15 maasta. Suomesta oli 5 osallistujaa. Seuraavassa eräitä poimintoja päivien annista.

#### TOIMITTAJIEN ITSEANALYYSI

Toimittaja kirjoittaa lukijoilleen. Hän haluaa tulla lue-  
tuksi. Tällöin hän mielellään kirjoittaa sellaista mitä  
ihmiset haluavat lukea. Tilanteessa, jossa vallitsee kä-  
sitys, että lukijaenemmistö vastustaa ydinvoimaa ja samal-  
la suurteollisuutta, tuskin kukaan toimittaja haluaa uida  
vastavirtaa ja puolustaa näitä. Ydinvoimakysymykset ovat  
täysin selvillä asiantuntijapiireissä, mutta ydinvoima ei  
ole yleisön keskuudessa suosittu. Toimittajan täytyy huo-  
mioida tämä seikka. TOIMITTAJAN TÄYTYY TUOTTA JOTAKIN,  
JONKA YLEISÖ HYVÄKSYY, JA JOKA EI OLE TÄYSIN ASIATONTA.

Tuotiin esille käsite "opinion - related journalism", mikä  
tarkoittaa, että henkilökohtaisista syistä toimittaja aset-  
tuu jommankumman osapuolen puolelle - ydinvoimakeskustelus-  
sa yleensä vastustajien puolelle - riippumatta tosiasioista.  
Sen jälkeen hän tuo esille kaikki seikat, jotka tukevat hä-  
nen omaa kantaansa ja jättää pois kaikki asiat, jotka ovat  
ristiriidassa sen kanssa.

Vastustajat ovat selvästi kannattajia innokkaampia infor-  
moimaan toimittajia. Kriitikot "jaksavat seisoa kauemmin  
sateessa". E erityisen tärkeinä koetaan jätekysymykset.  
YDINVOIMAN HYVÄKSYTTÄVYYS YLEISÖN KESKUUDESSA SEISOO JA  
KAATUU YDINJÄTEKYSYMYKSEN LOPULLISEN RATKAISUN KANSSA.

## TOIMITTAJIEN VIHJEITÄ YDINVOIMATEOLLISUUDELLE

Teollisuuden antamat raportit vaativat usein analyysiä, koska ne ovat alussa puutteelliset ja vaikeasti ymmärrettävät. Analysointi vaatii aikaa. Kannattaako toimittajan nähdä sellaista vaivaa? Paraneeko juttu siitä? Vanheneeko uutisarvo sinä aikana? Kannattaako koko juttu laittaa sellaisenaan lehteen - vai roskiin? PITÄISI OLLA MAHDOLLISTA 24 h/pv TARKISTAA UUTISIA JA HANKKIA TARVITTAVAT LISÄTIEDOT. Täytyisi tietää kenen puoleen kääntyä.

Toimittavat pitävät informaation nopeaa tuloa tärkeänä. Eri tapahtumien yhteydessä olisi erittäin toivottavaa, että TIEDOT TULISIVAT LEHDILLE ENNEN KUIN LEHDET ALKAVAT KYSELLÄ NIITÄ.

Pitkä reitti toimittaja - tiedotusmies - ekspertti - tiedottaja - toimittaja pitäisi lyhentää. On mahdotonta kuvitella, että lehti tyytyisi vastaukseen, että asiaa tutkitaan, saatte selvityksen kolmen päivän kuluttua.

Ydinvoimateollisuus tuo usein esille käsityksen, että sitä kohdellaan huonosti joukkotiedotusvälineissä. Kerrotaan enemmän negatiivisia asioita kuin positiivisia. Moititaan enemmän kuin kiitetään. TÄMÄ ON KUITENKIN KAIKKIEN RYHMIEN YLEINEN KÄSITYS. Samasta asiasta valittavat mm. myös kaikki poliittiset puolueet, yksiasialiikkeet ja jopa Vihreät.

YDINVOIMATEOLLISUUDEN TÄYTYY OTTAA IHMISTEN VILPITÖN EPÄLUULO JA TODELLINEN PELKO VAKAVASTI. Lehdistö joutuu ottamaan nämä tunteet vakavasti, koska niistä puhutaan. Artikkelit, joka vetoaa ihmisten tunteisiin, koetaan aina lukemisenarvoisena. Ihmisten pelko ja kauhu ovat jo sellaisenaan juttunarvoiset. Mitä paremmin ja nopeammin lehdistö pystyy selvittämään asiat, sen parempi kaikille osapuolille.

Toimittaja haluaa paljon tietoja ydinvoimateollisuuden taholta, koska joukossa voi olla uutisen arvoisia asioita ja koska juttu, jolla ei sinänsä ole uutis- eikä sensaatioarvoa voidaan tehdä lukemisenarvoiseksi sisällyttämällä siihen

tarkkoja tietoja ja uusia numeroarvoja. Suullinen informaatio ja henkilökohtainen kontakti on tehokkaampaa kuin kirjoitettu materiaali. Huonoin mahdollinen "PR-taktiikka" on simpukkataktiikka. JOS TIETOJA EI TULE, EIVÄTKÄ ASIAN-TUNTIJAT OLE KÄYTETTÄVISSÄ HAASTATTELUJA VARTEN, NIIN SIITÄ EI HYVÄÄ SEURAA. Paras taktiikka on perillä olevien specialistien antama runsas ja luotettava informaatio. Näiden väliin asettuu ammattitiedottajien runsas papukaijamainen ja pintapuolinen tiedottaminen.

#### KRITIIKKIÄ YDINVOIMATEOLLISUUDEN TAHOLTA

Toimittajan näkemyksiä ymmärrettiin, mutta ei hyväksytty kaikilta osin. Moitittiin sitä, että toimittajat katsovat asiakseen lähinnä myydä lehteä eikä niinkään valistaa kansaa. Moitittiin toimittajia kärsimättömyydestään.

"Cumbriaseudun lasten leukemiaa koskevaa skandaalimaista TV-ohjelmaa tehtiin 16 kuukautta! Miten teollisuus pystyi heti vastaamaan kaikkiin esitettyihin syytöksiin? Eräät tutkimuksethan jatkuvat vielä tänä päivänä".

NRPB:n johtaja John Dunster totesi, että hänen instituutinsa objektiivisuus tunnustetaan yleisesti. Heidän lausuntonsa eivät kuitenkaan erityisesti kiinnosta lehtimiehiä, koska nämä eivät hae objektiivisuutta vaan uutisia.

Hiukan ilkeästä, mutta ei harkitsemattomasti, sanottiin yhdessä puheenvuorossa, että toimittajat eivät yritäkään etsiä kuulemansa huhujen taustafaktoja "koska tietojen tarkistaminen voisi pilata hyvän jutun".

#### NÄKYMIÄ KANSAINVÄLISESTÄ TIEDONKULUSTA

On tärkeätä, että muissa maissa tiedetään mitä yhdessä tapahtuu. Kaikillahan on telexit. Kun esimerkiksi Englannissa tiedettiin tulossa olevasta leukemiaohjelmasta, olisi siitä pitänyt ilmoittaa etukäteen muille maille: "Meidän maassa tullaan silloin ja silloin lähettämään kauheaa TV-ohjelmaa, josta tulee seuraamaan valtavat reaktiot. Varautukaa!"

Eri maiden pitäisi kommunikoida aktiivisemmin keskenään ja antaa lehdistön seurata ko. kommunikointia. Alalla tapahtuu paljon mukavaa. Antakaamme muiden maiden käyttäviä hyviä uutisiamme ja kertoa meidän hyvistä kokemuksistamme. Jos kokemusten ja tietojen vaihto on rusasta, niin hyviä uutisia tulee varmasti runsaammin, kuin tietojen ja vastoinikäymisistä, ja jos joukkotiedotusvälineiden annetaan seurata keskustelua, tuloksena on todennäköisesti enemmän myönteisiä juttuja - muttei kielteisiä. Kaikista kielteisistä asioistahan kirjoitetaan muutenkin jo nyt.

#### MUITA ASIOITA

Huomattava osa ajasta käytettiin eri maiden informaatiokampanjoiden käsittelyyn. Tässä ei ole tarkoitus selostaa eri maiden ohjelmia tai analysoida eri ohjelmien erikoispiirteitä. Todettakoon vain yleisesti, että monessa maassa todella käytetään paljon resursseja ja runsaasti mielikuvitusta PR-kampanjoihin. Eri esitelmissä mainittiin tavanomaisten painotuotteiden lisäksi mm. energia-aiheinen sarjakuvalehti ja korttipeli Energy-Poker.

Mainittiin toistuvia kokosivuilmoituksia lehdissä ja toistuvia TV-mainoksia, liikkuvia informaatiokeskuksia, tietokoneella ohjattu multivisionohjelma 15 projektorille, joissa 80 diakuvaa/projektori, talk-shows TV:ssä ja ulkomaille eri energiatuotantoon liittyville laitoksille suunnattuja opintomatkoja toimittajille.

Aktiivista PR-toimintaa arvioitiin tärkeäksi vaikkakaan kampanjoiden avulla ei saataisi yhtään vastustajaa kääntetyksi. Kampanja on aina tärkeä, koska se antaa kannattajille uskonvahvistusta ja henkistä tukea. Kannattajat kokevat kampanjoiden aikana olevansa oikeassa. Lisäksi todettiin, että "SUPPORT OF NUCLEAR POWER IS NOT GROWING WITH TIME. WE HAVE TO WORK ON IT".

**YDINJÄTESEMINAARI 17.4.1984**

Sosiaali- ja terveysministeriön yhteydessä toimivan säteilysuojasasiainneuvottelukunnan järjestämä ydinjätteseminaari pidettiin 17.4.1984 Helsingissä. Seminaariin osallistui yhteensä 50 alan asiantuntijaa ja yhdinjätehuollon eri vaiheiden kanssa tekemisissä olevaa virkamiestä tai -naista.

Seminaarin tarkoituksena oli antaa yleiskuva tämän hetken tilanteesta osallistujille sekä tuoda esille tähän yleiskuvaan kuuluvat eri tahojen näkemykset. Tilaisuudessa pidettiin viisi alustusta, joista tässä esitän tekemäni yhteenvedot.

1. Katsaus voimayhtiöiden ydinjätehuoltoon (Heikki Raumolin, TVO).

Voimayhtiöiden ydinjätehuollon velvoitetaustana ovat valtioneuvoston periaatepäätös 10.11.1983, joka sisältää jätehuollon tavoitteita ja aikataulut, sekä päätös uusista käyttöluvista 24.11.1983 joka puolestaan sisältää lukuisia määräyksiä ydinjätehuollosta. Ydinvoimalaitoksen toiminnasta syntyvät jätteet voidaan jakaa käytetyn polttoaineen sisältämään korkea-aktiiviseen jätteeseen, keski- ja matala-aktiiviseen voimalaitosjätteeseen ja ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistossa syntyvään purkujätteeseen. Tähän mennessä muodostuneiden jätteiden kohdalla tilanne on hyvä; sekä määrät että aktiivisuudet ovat huomattavasti alle laitosyksiköiden suunnittelun perusteena käytettyjen arvojen. Esimerkiksi Olkiluodossa on bitumoitua jätettä kertynyt vuoden 1983 loppuun mennessä 320 m<sup>3</sup> ja sen aktiivisuus on 770 GBq. Suunnittelun perusteena olevat arvot ovat 3200 m<sup>3</sup> ja 600 000 GBq. Tilanne Loviisassa on yhtä hyvä.

Voimayhtiöiden ydinjätehuollon toimintaperiaatteet voidaan tiivistää sanoiksi: kokonaisvaltaisuus, tunnettu teknologia, turvallisuus, oikea-aikaisuus ja joustavuus. Voimalaitosjätteiden ja käytetyn polttoaineen loppusijoitukselle nämä tarkoittavat mm. rinnakkaisten, tämän päivän teknologiaan perustuvien huoltovaihtoehtojen tutkimista niin että tulokset ovat turvallisuusanalyyseineen hyvissä ajoin soveltamiskelpoisina käytettävissä ennen loppusijoituksen alkamista.

Käytetyn polttoaineen osalta näyttää TVO:n kohdalla tällä hetkellä siltä, että 80-luvulla ei ole mahdollista sopia ulkomaille viennistä ja jälleenkäsittelystä.

Sekä TVO:n että IVO:n laitosisyksiköillä käytetty polttoaine säilytetään aluksi ydinvoimalaitoksella ja sen jälkeen erityisessä välivarastossa. Loviisassa tämä käytetyn polttoaineen välivarasto on valmis ja käyttöön otossa. Olkiluodossa luvat välivaraston rakentamiseen on saatu ja varaston raivaus-, kaivuu- ja louhintatyöt on aloitettu.

Olkiluodon välivaraston suunnitteluperusteita ovat mm. 60-vuoden käyttöikä, korkeintaan 40-vuoden varastointiaika yhdelle polttoainepulle sekä kahdennetut varastointialtaiden jäähdytys- ja puhdistusjärjestelmät. Rakennusaikataulun mukaisesti edettäessä TVO:n välivarasto otetaan käyttöön vuoden 1988 alussa.

Loviisassa käytetty polttoaine kuljetetaan viiden vuoden välivarastoinnin jälkeen Neuvostoliittoon. Olkiluodossa käytetty polttoaine varaudutaan välivarastoinnin jälkeen loppusijoittamaan Suomen kallioperään. Velvoitetaustan mukaisesti on tähän liittyen vuoden 1985 loppuun mennessä tehtävä selvitys useista alueista sijoituspaikkatutkimuksia varten sekä saatettava ajan tasalle tekniset selvitykset turvallisuusanalyyseineen. Vuoden 1992 loppuun mennessä on tehtävä alustavat sijoituspaikkatutkimukset, valittava alueet yksityiskohtaisia sijoituspaikkatutkimuksia varten ja täydennettävä tekniset suunnitelmat paikkavaihtoehdot huomioon ottaen. Vuoden 2000 loppuun mennessä on tehtävä yksityiskohtaiset sijoituspaikkatutkimukset, valittava yksi paikka ja laadittava tälle tekninen suunnitelma. Vuoden 2010 loppuun mennessä on varauduttava esittämään viranomaisille suunnitelmat rakentamista varten kapselointilaitokselle.



le ja loppusijoitustilalle. Kapselointilaitos sijaitsee loppusijoitustilan välittömässä läheisyydessä ja siellä käytetty polttoaine pakataan esimerkiksi kuparikapseleihin loppusijoitusta varten. Suunnittelun lähtökohtana on että loppusijoitus aloitetaan vuonna 2020.

Tämän hetken ajankohtaisia asioita TVO:n käytetyn polttoaineen loppusijoituksessa ovat Lavian koe-reikä, alueiden valinta sijoituspaikkatutkimuksiin sekä tähän mennessä tehtyjen turvallisuusanalyysien ja niihin liittyvien selvitysten ajan tasalle saattaminen. Jo tehtyjen selvitysten perusteella Suomesta löytyy lukuisia sijoituspaikoiksi sopivia alueita.

Voimalaitosjätteiden osalta ajankohtaisia asioita TVO:ssa ovat keskiaktiivisten jätteiden välivaraston rakentaminen vuosina 1984-85 ja bitumoidun jätteen ominaisuuksiin liittyvät selvitykset. Tämän lisäksi sekä TVO että IVO laativat voimalaitosjätteiden loppusijoitustilojen suunnitelmat valmiiksi turvallisuusselosteineen vuoden 1986 loppuun mennessä. Nämä jätteet suunnitellaan sijoitettavaksi laitosalueiden kallioperään, ja tilat on voitava tarvittaessa ottaa käyttöön vuoden 1992 loppuun mennessä.

Loviisan voimalaitosjätteiden käsittelyssä tutkitaan nestemäisten jätteiden tilavuuden pienennystä pitkäikäisten nuklidien erottamisella.

Ydinvoimalaitosten käytöstäpoiston suunnitelma on saatettava ajan tasalle ja esitettävä vuoden 1987 loppuun mennessä käyttöluvahakemusten yhteydessä.

Tutkimus- ja kehittämistoimintaansa koordinoimaan IVO ja TVO perustivat vuonna 1978 voimayhtiöiden ydinjätetoimikunnan (YJT). Vuoden 1983 loppuun mennessä on YJT:n raporttisarjassa julkaistu 140 raporttia. Resursseja YJT oli käyttänyt vuoden 1983 loppuun mennessä noin 30 miljoonaa markkaa. Mukana on oma työ, tutkimuslaitokset ja konsultit sekä kenttätutkimukset.

Kaiken kaikkiaan voimayhtiöiden näkökulmasta ydinjätteisiin liittyvät ongelmat ovat tiedottamisessa ja yleisön reaktioissa eikä niinkään varsinaisessa jätehuollossa. Verrattaessa tilanteeseen muualla maailmassa voidaan todeta, että taloudellinen varautuminen ydinjätehuollon kustannuksiin nähdään merkittävänä ongelmana vain Suomessa ja Ruotsissa.

2. Ydinjätehuollon viranomaisvalvonnan kohteena (Sakari Immonen, KTM)

Viranomaisten kannalta ydinjätehuollon valvonta on poikkeuksellista koska tavoitteiden on katettava pitkiäkin ajanjaksoja. Suoraa demonstraatiota voidaan soveltaa vain ydinjätehuollon lyhyen tähtäimen operatiivisiin toimintoihin. Pitkille ajanjaksoille tarvitaan epäsuoraa demonstraatiota matemaattisten mallien ja ennustavien analyysien avulla. Ja tässä on keskeistä menetelmien luotettavuus.

Suomessa ydinjätehuollon vastuuperiaatteiden mukaisesti ydinvoimayhtiöiden on hankittava sekä tekninen valmius että varat tuleviin huoltotoimpiteisiin jo ydinvoimalaitosten toiminta-aikana. Ydinjätteitä ei ole oikeudenmukaista jättää tulevien sukupolvien hoidettavaksi.

Nykyinen atomienergialaki ei tarkemmin määrittele miten ydinjätehuolto tulee taloudellisesti ja teknisesti järjestää. Tämän vuoksi väliaikaisena menettelynä ydinvoimalaitosten käyttöluupiin on sisällytetty ydinjätehuoltoa koskevia määräyksiä ja ehtoja. Valmisteilla olevassa uudessa ydinenergialaissa on tarkoitus tarkentaa erityisesti ydinjätehuoltoa koskevia määräyksiä.

Ydinjätehuollon valvontaviranomaisia ovat kauppa- ja teollisuusministeriö ja säteilyturvakeskus. Uudessa ydinenergialaissa on myös näiden välistä tehtäväjakoa tarkoitus täsmentää.

Viranomaistehtävien ohella kauppa- ja teollisuusministeriö on tukenut ydinjätealan tutkimustyötä. Tämän osuus on ollut noin kolmannes Suomessa tehtävästä alan tutkimuksesta. Tavoitteena tässä on riittävän riippumattoman asiantuntemuksen luominen ja ylläpitäminen päätöstenteon tueksi.

Kun käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikkoja tarkemmin nimetään tulevat mukaan myös muut viranomaiset, erityisesti ympäristöministeriö. Tällä hetkellä ei ole vielä tarkasti selvitetty mikä on sijoituspaikkojen valinnan eri vaiheisiin liittyvä viranomaiskäsittely ja miten paikallisia asukkaita kuullaan.

Käytetyn polttoaineen ulkomaille viennin ja jälleenkäsittelyn esteenä on monia poliittisia ja ydinenergia-alan kansainvälisestä sopimusjärjestelmästä johtuvia ongelmia. Tämän vuoksi

nyt korostetaan aiempaa voimaakkaammin, esimerkiksi valioneuvoston päätöksessä, että korkea-aktiiviset jätteet voidaan joutua loppusijoittamaan Suomessa.

Tällä hetkellä voimayhtiöt keräävät tuleviin ydinjätehuoltokustannuksiin tarvittavat menot sähkön hinnassa.

Varautumisen piiriin kuuluvat kaikki ydinvoimalaitoksen koko käyttöiän aikana syntyvien ydinjätteiden huoltokustannukset olettaen, että toimenpiteet tehdään Suomessa. Ydinjätteiden varautumismaksun suuruuden määrää kauppa- ja teollisuusministeriö. Varautumismaksua arvioitaessa käytetään tarkasteluajankohdan kustannustasoa, jolloin inflaatiokorjaukset tulevat automaattisesti tehdyiksi. Edelleen varauksen määrää lisätään vuosittain vähitellen siten, että se kasvaa samassa suhteessa kuin kumulatiivinen sähköntuotanto, jonka kestoksi arvioidaan 30 vuotta.

Vuoden 1983 lopussa TVO:n ja IVO:n ydinjätehuollon vahvistetut varaukset olivat 1,40 p/kWh ja 0,31 p/kWh vastaavasti. Tarkemmat määräykset varausten suuruuden laskentaperusteista ja koko varautumisjärjestelmästä tullaan antamaan uudessa ydinenergialaissa.

### 3. Säteilyturvakeskus ydinjätehuollon valvontaviranomaisena (Tapio Eurola, STUK)

Säteilyturvakeskuksen ydinjätehuoltoa koskeviin tehtäviin kuuluu mm. sen toteutuksen turvallisuuden valvonta. Tämä käsittää lupaehtojen noudattamisen valvonnan sekä ydinjätehuoltosuunnitelmiin ja -toimiin kohdistuvat tarkastukset. Edelleen säteilyturvakeskukselle kuuluu lausuntojen antaminen sellaisista ydinjätehuoltoa koskevista hakeuksista, jotka edellyttävät atomienergiain mukaista lupaa.

Valmisteilla olevassa ydinenergialaissa ja sen nojalla annettavassa ydinenergia-asetuksessa ydinjätehuoltotoimenpiteiden lupamenettelyä on tarkoitus täsmentää.

Kuvassa 1 on esitetty säteilyturvakeskuksen alustava toiminta-aikataulu ydinjätehuollon osalta.

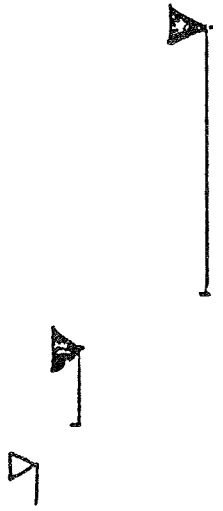
Säteilyturvakeskuksen uusitussa organisaatiossa ydinjätehuoltoa koskevien asioiden valmistelu suoritetaan pääasiassa ydinturvallisuusosaston yleisteknisen toimiston ydinjätejaostossa.

1985

1990

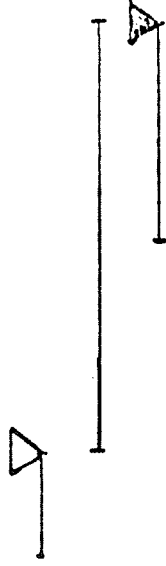
### 1. Voimalaitosjätteiden käsittely ja varastointi

- TVO:n KAJ-varaston PSAR:n tarkastus
- TVO:n KAJ-varaston rakentamisen ja käyttöönoton valvonta
- Loviisan kiinteystylilaitoksen ja väli-varaston rakentamisen ja käyttöönoton valvonta



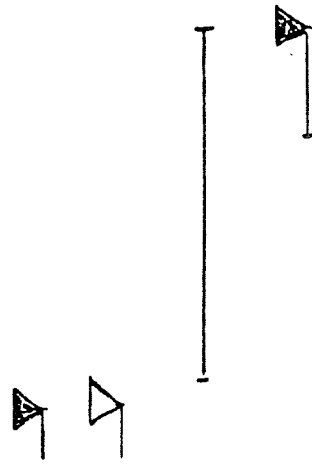
### 2. Voimalaitosjätteiden loppusijoitus

- PSAR:ien tarkastus ja turvallisuusarvio
- Loppusijoitustilojen rakentamisen valvonta
- FSAR:ien tarkastus ja käyttöehtojen määrittäminen



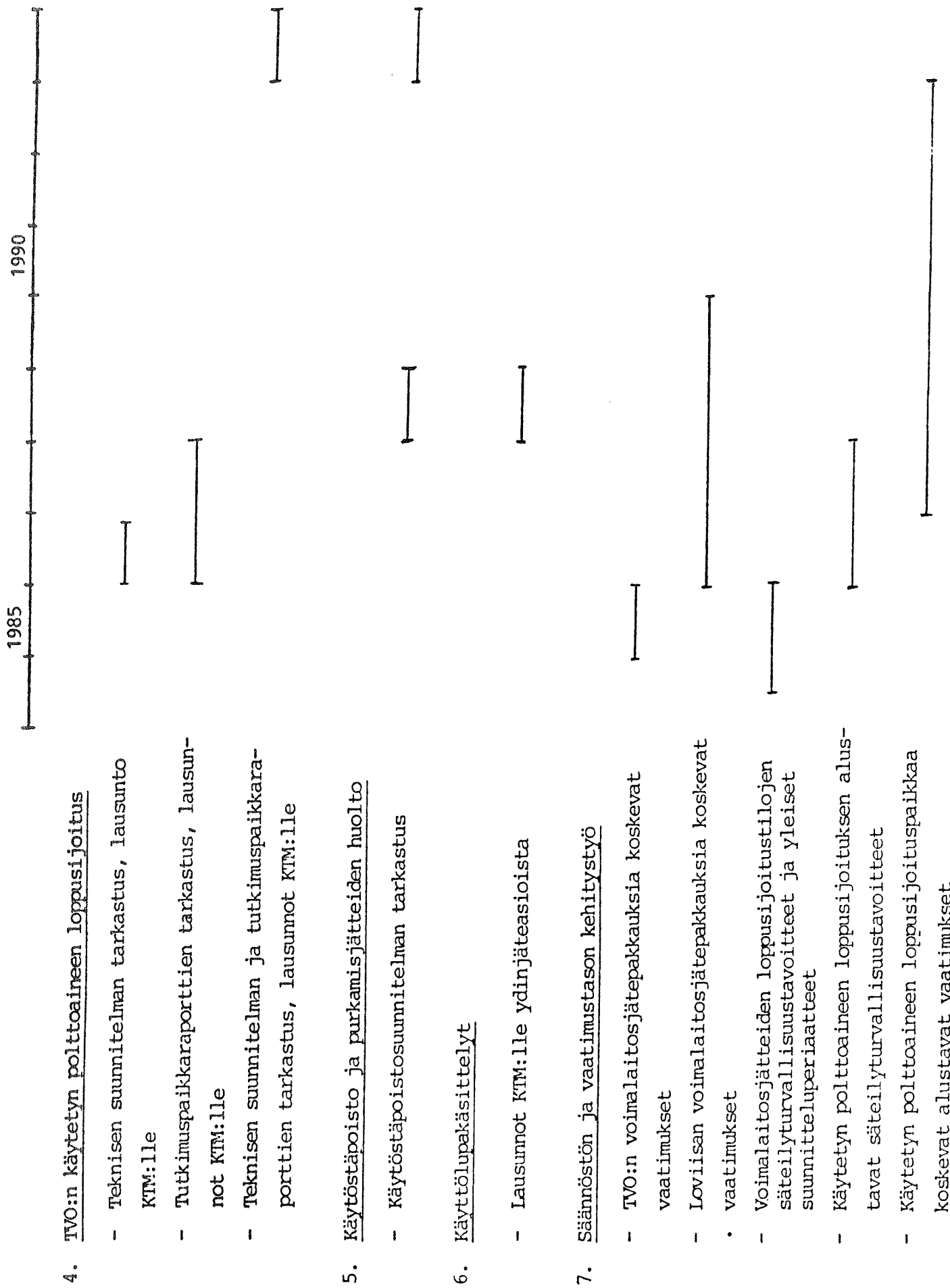
### 3. Käytetyn polttoaineen välivarastointi

- Loviisan varaston FSAR:n tarkastus ja turvallisuusarvio
- TVO:n varaston PSAR:n tarkastus ja turvallisuusarvio
- TVO:n varaston rakentamisen ja käyttöönoton valvonta
- TVO:n varaston FSAR:n tarkastus ja käyttöehtojen määrittäminen



▽ = Rakentamisen aloittamista koskeva päätös

▽ = Käytön aloittamista koskeva päätös



4. TVO:n käytetyn polttoaineen loppusijoitus

- Tecnisen suunnitelman tarkastus, lausunto KTM:lle
- Tutkimuspaikkaraporttien tarkastus, lausunnot KTM:lle
- Tecnisen suunnitelman ja tutkimuspaikkaraporttien tarkastus, lausunnot KTM:lle

5. Käytöstäpoisto ja purkamisjätteiden huolto

- Käytöstäpoistosuunnitelman tarkastus

6. Käyttölupakäsittelyt

- Lausunnot KTM:lle ydinjäteasioista

7. Säännöstön ja vaatimustason kehitystyö

- TVO:n voimalaitosjätepakkauksia koskevat vaatimukset
- Loviisan voimalaitosjätepakkauksia koskevat vaatimukset
- Voimalaitosjätteiden loppusijoitustilojen säteilyturvallisuustavoitteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet
- Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen alustavat säteilyturvallisuustavoitteet
- Käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikkaa koskevat alustavat vaatimukset

Kuva 1. Jatkoa

4. Osallistuminen kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön (Lsko Peltonen, VTT/YDI)

Ydinjätehuollon eri vaiheiden tutkimus- ja kehitystyö on voimakkaasti poikkitieteellistä. Näin ollen kaikkea ei voi eikä kannata tehdä omin voimin. Osallistumalla kansainväliseen yhteistyöhön Suomi saa varhaisessa vaiheessa käyttöönsä muiden tuloksia jotka voivat sellaisenaan olla käyttökelpoisia tai niihin voidaan omia tuloksia verrata. Kansainvälinen yhteistyö antaa meille myös mahdollisuuden keskittyä Suomen olosuhteiden erityispiirteisiin.

Kansainväliseen tutkimusyhteistyöhön on käytetty noin 10-15 % Suomessa vuosittain ydinjätetutkimukseen panostettavasta rahasta.

Kuvissa 2-3 on yhteenveto Suomen kansainvälisestä ja kahdenkeskisestä tutkimusyhteistyöstä.

Käynnissä olevista projekteista Suomen kannalta ehkä merkittävin on OECD/NEA:n STRIPA hanke. Tähän Suomi osallistuu noin 1 milj. markan vuosirahoituksella. Projektissa tutkitaan ydinjätteen kallioperään suunniteltuun loppusijoitukseen liittyviä tekijöitä sekä teknisten että luonnollisten vapautumisesteiden osalta.

OECD/NEA:n ISIRS projektissa selvitetään radionuklidien kallioperässä tai maaperässä kulkeutumisen mekanismeja. Mallintamisessa tarvittavat lähtötiedot kerätään erityiselle tietokannalle, jota osallistuvat organisaatiot voivat vapaasti käyttää. Suomesta työhön osallistuu mm. Helsingin yliopiston radiokemian laitos.

Nelivuotiskaudella 1985-1988 tulee NKA koordinoimaan pohjoismaista tutkimusyhteistyötä koskien mm. käytetyn polttoaineen loppusijoituksen turvallisuusanalyysien malleja.

KUVAT 2 JA 3

ORGANISAATIO, YHTEISTYÖN LUONNE TAI SISÄLTÖ	STUK, GTK, HYRL, VTT, KTM, YJT <sup>1)</sup>																																																																													
<p><u>Atomi/ydinenergiajärjestöt</u></p> <p>Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pysyvät komiteat</li> <li>- ad hoc -työkokoukset</li> <li>- symposiumit, seminaarit</li> <li>- tutkimussopimukset</li> <li>- sihteeristö/asiiantuntijatyo</li> </ul> <p>OECD:n ydinenergiajärjestö NEA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pysyvät komiteat</li> <li>- ad hoc -työkokoukset</li> <li>- seminaarit</li> <li>- tutkimusprojektit: STRIPA ISIRS</li> <li>- pitkäaikaiset työryhmät</li> <li>- Data Bank toiminta</li> <li>- sihteeristötyö</li> </ul>	<table> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>(X)</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>(X)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>(X)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>								X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X							X			X	X		X	X		X					X	X	X				(X)	X							X							(X)							(X)		
X				X	X	X																																																																								
X	X	X	X	X	X	X																																																																								
				X																																																																										
				X																																																																										
X	X		X	X		X																																																																								
				X	X	X																																																																								
			(X)	X																																																																										
				X																																																																										
				(X)																																																																										
				(X)																																																																										
<p><u>Muut kansainväliset järjestöt ja organisaatiot</u></p> <p>ICRP, IRPA, UNSCEAR<sup>2)</sup> - säteilysuojausasiat</p> <p>UNSCEAR, WHO<sup>3)</sup> - ympäristövaikutusasiat</p> <p>ISO, FORATOM, UNIPED<sup>4)</sup> - ydinjätehuoltotekniikka</p> <p>CEC, CMEA/CSCWMP<sup>5)</sup> - ydinjätehuolto yleensä</p> <p>INFCE<sup>6)</sup> - polttoainekiertovertailut</p>	<table> <tr> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>(X)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>(X)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	X				X			X													X					(X)							(X)																																												
X				X																																																																										
X																																																																														
						X																																																																								
				(X)																																																																										
				(X)																																																																										
<p><u>Pohjoismaiset julkiset organisaatiot</u></p> <p>Pohjoismainen yhdyselin NKA/NKS<sup>7)</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- seminaarit</li> <li>- koordinoitkokoukset</li> <li>- pohjoismaiset yhteisprojektit</li> </ul> <p>Ruotsin viranomaiset SKI ja SSI<sup>8)</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- viranomaisyhteistyö</li> <li>- kansainväliset yhteisprojektit: INTRACOIN HYDROCOIN</li> </ul>	<table> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	X	X	X	X	X	X	X			X		X				X			X									X						X																																											
X	X	X	X	X	X																																																																									
X			X		X																																																																									
			X																																																																											
X																																																																														
			X																																																																											
			X																																																																											

1) Suomesta osallistuvat organisaatiot:

- STUK Säteilyturvakeskus  
 GTK Geologian tutkimuskeskus  
 HYRL Helsingin yliopiston radiokemian laitos  
 VTT Valtion teknillinen tutkimuskeskus  
 KTM Kauppa- ja teollisuusministeriö  
 YJT Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta

( ) toiminta joko epäsuorasti ydinjätetutkimukseen liittyvää tai muutoin merkityksellään vähäisempää, esim. aiemmin tapahtunutta

2) Säteilysuojausjärjestöjä

3) YK:n alaisia järjestöjä

- 4) ISO kansainvälinen standardisointijärjestö  
 FORATOM Länsi-Euroopan ydinvoimateollisuuden yhteistyöelin  
 UNIPED Euroopan sähköntuottajien ja -jakelijoiden yhteenliittymä

- 5) CEC Euroopan talousyhteisön komissio  
 CMEA/CSCWMP SEV-maiden ydinjätetutkimuksen yhteistyöelin

- 6) INFCE kansainvälinen polttoainekierto vaihtoehtojen tutkimus v. 1979...81

- 7) NKA/NKS Pohjoismainen atomienergiakysymysten yhdyselin/ydinturvallisuus ad hoc -työryhmä

- 8) SKI, SSI Ruotsin ydinvoima- ja säteilyturvallisuusviranomaisia

Kuva 2. Suomen kansainvälinen ydinjätetutkimusyhteistyö.

VALTIO, ORGANISAATIO JA YHTEISTYÖN LUONNE	STUK, GTK, HYRL, VTT, KTH, YJT
<u>Ruotsi:</u>	
SKBF(KBS) - tiedonvaihto, raporttien vaihto, vierailut	X X
korkeakoulut, yliopistot - tiedonvaihto, vierailut	X X X X X
tutkimuslaitokset - " " - " -	X
konsultit - " " - , töitä YJT:lle	X X X
kenttätutkimuspaikat - vierailut (loppusijoituspaikka Forsmark)	X X (X) X
<u>Saksan liittotasavalta:</u>	
Karlsruhen tutk.keskus (KfK) - yhteistutkimus	X
korkeakoulut - tiedonvaihto	X
tutkimuslaitokset - " " -	X
(kenttätutkimuspaikat) (loppusijoituspaikka Asse)	
<u>Sveitsi: NAGRA</u>	
- tiedonvaihto, raporttien vaihto, vierailut	X X
tutkimuslaitokset - tiedonvaihto, vierailut	(X)
kenttätutkimuspaikat - vierailut	X
<u>Ranska: ANDRA</u>	
- tiedonvaihto, vierailut	(X)
tutkimuslaitokset - " " - " -	X
korkeakoulut - " " - " -	(X)
(kenttätutkimuspaikat) loppusijoituspaikka La Hague - vierailut	X
<u>Iso-Britannia: UKDOE, NRPB</u>	
- tiedonvaihto, vierailut	X
tutkimuslaitokset - " " - " -	X
konsultit - konsulttistöitä YJT:lle	X
kenttätutkimuspaikat - vierailut	(X) X
<u>USA: USDOE, NRC, EPA</u>	
- tiedonvaihto, raporttien vaihto, vierailut	X X X
tutkimuslaitokset, yliopistot - tiedonvaihto, vierailut	X
kenttätutkimuspaikat - " " - " -	(X) (X)
loppusijoituspaikat - vierailut	(X)
<u>Kanada: AECL, AECB</u>	
- tiedonvaihto, raporttien vaihto, vierailut	X X
tutkimuslaitokset - tiedonvaihto, vierailut	X X
konsultit - " " - " -	X
kenttätutkimuspaikat - vierailut	X
<u>Neuvostoliitto: GKAE</u>	
- tiedonvaihto, vierailut	(X) (X)
<u>Saksan demokraattinen tasavalta:</u>	
SAAS - tiedonvaihto, vierailut	(X) (X)
tutkimuslaitokset - " " - " -	(X)
(loppusijoituspaikka)	
<u>Useita valtioita, joihin yhteydet satunnaisia ja vähäisiä:</u>	
- tiedonvaihto, raporttien vaihto, vierailut muun käynnin yhteydessä	X

Kuva 3. Kahdenkeskinen ydinjätetutkimusyhteistyö



5. Ydinjätehuoltoratkaisujen, erityisesti geologisen loppusijoituksen turvallisuuden arvioiminen (Esko Ruokola, STUK)

Mielipidetiedustelujen mukaan "ydinjäteongelma" on eräs merkittävimpiä ydinenergian yleisen hyväksytävyyden esteitä.

Useimpien ydinenergiamaiden suunnitelmat korkea-aktiivisten jätteiden ja voimalaitosjätteiden vaarattomaksi tekemisestä perustuvat geologiseen loppusijoitukseen. Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto ydinjätteiden ensisijaisista loppusijoitussuunnitelmista merkittävimmissä ydinenergiamaissa.

Kallioperä sisältää luonnostaan uraania ja sen radioaktiivisia tytäraineita. Näiden liukoisuus kalliopohjaveteen on vähäinen, ne kulkeutuvat erittäin hitaasti sen mukana ja laimentuvat tehokkaasti pintavesistöissä. Ydinjätteiden geologisen loppusijoituksen hyväksyttävyyden perustuu osittain näille samoille havaituille ilmiöille. Luonnollisen esteen, kallioperän lisäksi jätteet ympäröidään teknisillä vapautumisesteillä. Teknisten vapautumisesteiden tulee eristää jätteet niin kauan, että niiden kokonaisaktiivisuus on korkeintaan samaa suuruusluokkaa kuin luonnollisten radioaktiivisten aineiden kokonaisaktiivisuus sijoituspaikkana olevassa kalliolohkossa.

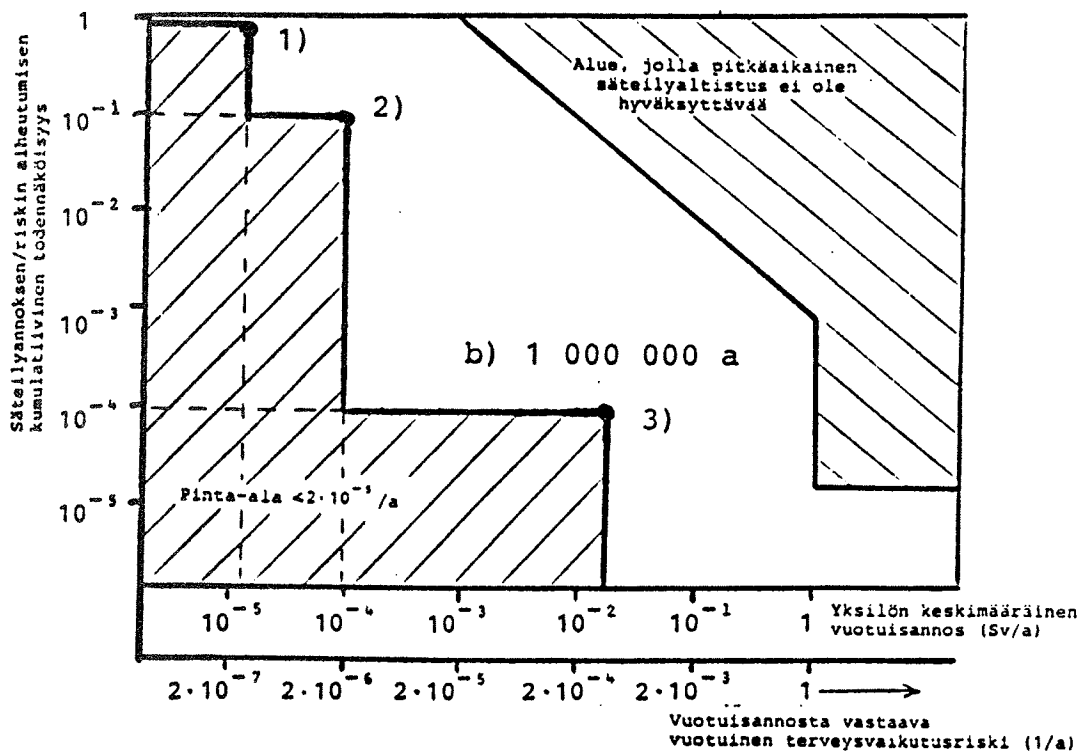
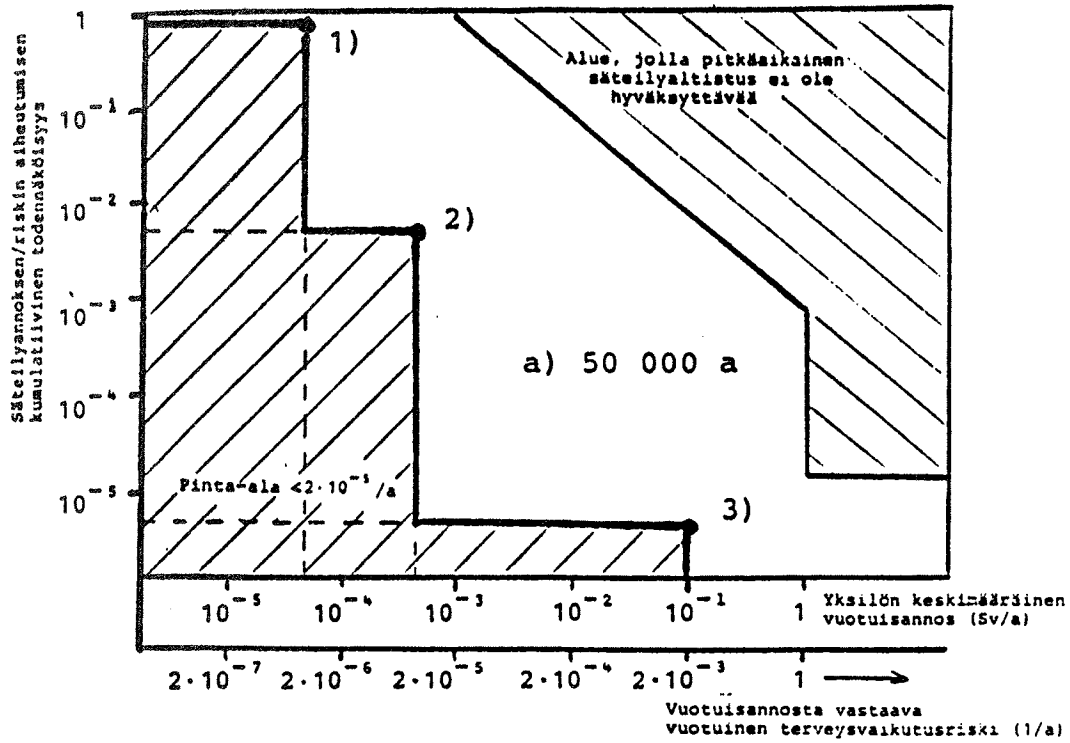
Kansainvälisiltä järjestöiltä, kuten ICRP, IEAE ja NEA, tulee lähiaikoina suositukset ydinjätteiden loppusijoituksen säteilyturvallisuustavoitteista. Ne rakentuvat ICRP:n kahden pääperiaatteen, yksilönsuojavaatimuksen ja optimointivaatimuksen pohjalle. Kuvassa 4 on havainnollistettu NEA:n luonnokseen sisältyvää säteilyriskin ylärajakriteeriä ja sen soveltamista. Suomessa TVO:n toimesta tehtyjä käytetyn polttoaineen loppusijoituksen alustavia turvallisuusanalyysyjä on jatkossa tarkennettava mm. analysoimalla geologisten häiriötilanteiden seuraukset ja hankkimalla enemmän kokemusperäistä tietoa radionuklidien kulkeutumisesta tiiviissä kalliiossa.

Samoin tehtyjen voimalaitosjätteiden loppusijoituksen turvallisuusanalyysyjä on tarkennettava hankkimalla lisää kokeellista tietoa.

TAULUKKO 1  
KUVA 4

Taulukko 1 Ydinjätteiden ensisijaiset loppusijoitus suunnitelmat merkittävimmässä ydinenergiamaissa

Maa	Korkea-aktiiviset jätteet	Voimalaitosjätteet
USA	Jälleenkäsittely, loppusijoitus basaltti (Hanford), tuffi (Nevada) tai suolamuodostumaan <del>1993</del> alkaen <i>2002 alkaen</i>	Loppusijoitus maan pintakerrokseen olemassaolevilla ja perustettavilla paikoilla
Ranska	Jälleenkäsittely, jätteiden sijoitus kiteiseen kallioperään 30 a kuluttua tai välivarastointi 150 a ajan	Keskitetty maan pintakerroksissa oleva sijoitustila Saint Priest de la Prunge'ssa 1986 mennessä
Iso-Britannia	Jälleenkäsittely, välivarastointi 100 a ajan, jonka jälkeen sijoitus kiteiseen kallioperään tai merenpohjaan	Kaivantojen (20-30 m) rakentaminen ja olemassaolevien onkaloiden (100-300 m) modifiointi 1987-1990 mennessä
Saksan Liittotasavalta	Jälleenkäsittely, jätteiden loppusijoitus Gorlebenin suolakaivokseen 2000 alkaen	Loppusijoitus Konradin rautakaivokseen ja Assen suolakaivokseen 1988 - 1989 alkaen
Ruotsi	Käytetyn polttoaineen loppusijoitus kiteiseen kallioperään (500 m) 2020 alkaen	Loppusijoitus meren pohjan alaiseen kallioperään (SFR, Forsmark) 1988 alkaen
Sveitsi	Jälleenkäsittelyjätteiden tai käytetyn polttoaineen sijoitus kiteiseen kallioperään (500-1500 m) 2020 alkaen	Loppusijoitus vuoren rinteeseen sisään (100 - 600 m) louhittuihin tiloihin noin 1995 alkaen
Kanada	Käytetyn polttoaineen loppusijoitus kiteiseen kallioperään (500-1000 m) 2000 jälk..	Loppusijoitus maaperään tai kallioperään (100 - 200 m) louhittuihin tiloihin noin 2000 alkaen
Japani	Jälleenkäsittely, jätteiden loppusijoitus kiteiseen kallioperään tai tuffiin	Keskitetty alue maan pintakerrokseen sijoitusta varten tai mereen upotus
Belgia	Jälleenkäsittelyjätteiden loppusijoitus savimuodostumaan aik. 50 a kuluttua	Loppusijoitusta maaperään selvittellään
Neuvostoliitto	Jälleenkäsittely, jätteiden loppusijoitus suola-, savi-, graniitti-, diabaasi- tai tuffimuodostumiin	Alueelliset loppusijoitustilat maan pintakerroksissa
DDR, Tsekkoslovakia	Käytetyn polttoaineen palautus Neuvostoliittoon	Loppusijoitus olemassaoleviin kaivoksiin tai maaperään



Kuva 4. NEA:n luonnostelema säteilyturvallisuuksustavoite yksilön enimmäisannokselle/riskille ydinjätteen loppusijoituksesta. Esitetty myös kuviteltu säteilyaltistus ajanhetkillä a) 50 000 vuotta ja b) 1 000 000 vuotta odotettavissa olevista olosuhteissa 1) ja kahdesta häiriötilanteesta (todennäköisyydet suuruusluokkaa 2)  $10^{-7}$ /a ja 3)  $10^{-10}$ /a )

V. Ryhänen/pta  
3.2.1984

KÄYTETYN POLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUKSEEN LIITTYVÄT  
KALLIOPERÄTUTKIMUKSET VUOSINA 1983-85

1. TAUSTA

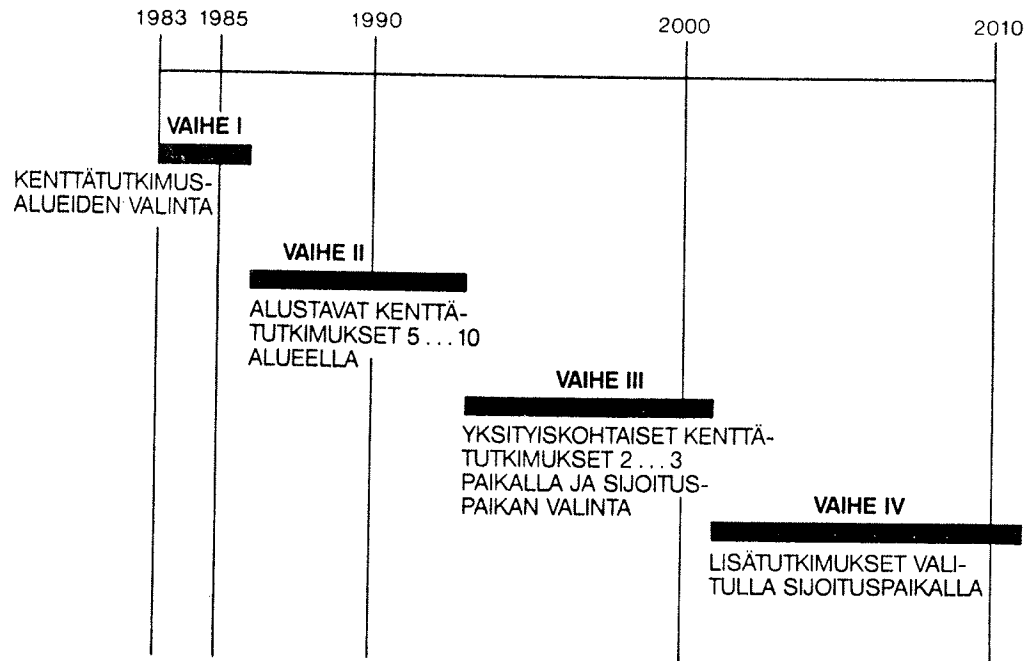
Teollisuuden Voima Oy:n Olkiluodon voimalaitoksen ydinjätehuollossa varaudutaan käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen Suomessa. Tähän liittyvä tutkimustoiminta käynnistyi Suomessa 1970-luvun lopulla. Vuonna 1982 valmistuneen soveltuvuustutkimuksen /1/ tulokset osoittavat, että käytetty polttoaine voidaan loppusijoittaa turvallisesti Suomen kallioperään. Loppusijoitus on suunniteltu aloitettavaksi vuonna 2020, mikäli käytettyä polttoainetta ei toimiteta ulkomaille.

Olellaisen osan loppusijoitukseen liittyvistä jatkotutkimuksista muodostavat sijoituspaikkatutkimukset, jotka tähtäävät loppusijoituspaikan valintaan. Valtioneuvoston marraskuussa 1983 tekemässä periaatepäätöksessä /2/ on asetettu seuraava aikataulu sijoituspaikkatutkimuksille (kuva 1):

- vuoden 1985 loppuun mennessä on laadittava käytettävissä olevan geologisen ja muun tutkimusaineiston perusteella selvitys useista sopivista alueista alustavia sijoituspaikkatutkimuksia varten
- vuoden 1992 loppuun mennessä on tehtävä näillä alueilla alustavat sijoituspaikkatutkimukset, joiden perusteella tulee valita parhaiten soveltuvat alueet yksityiskohtaisia sijoituspaikkatutkimuksia varten
- vuoden 2000 loppuun mennessä on näillä alueilla suoritettava yksityiskohtaiset sijoituspaikkatutkimukset ja niiden perusteella valittava yksi turvallisuus- ja ympäristönsuojeluvaatimukset täyttävä loppusijoituspaikka.

Loppusijoitustilan rakentamislupaa varten tarvittavat täydentävät tutkimukset valitulla loppusijoituspaikalla on tehtävä vuoden 2010 loppuun mennessä.

Sijoituspaikkatutkimuksille on laadittu ohjelma /3/, jossa on esitetty suunnitelmat kussakin vaiheessa käytettäville tutkimusmenetelmille ja tutkimusten laajuudelle.



Kuva 1. Käytetyn polttoaineen sijoituspaikkatutkimusten vaiheet

## 2. VUOSIEN 1983-85 TUTKIMUSTEN TAVOITTEET

Sijoituspaikkatutkimusten aikataulun mukaisesti ensimmäinen varsinainen kenttätutkimusvaihe alkaa vuonna 1986. Sijoituspaikkatutkimukseen kuuluu keskeisenä osana syvien reikien avulla tehtävät kallioperätutkimukset. Jotta vuonna 1986 oltaisiin valmiita aloittamaan useita alueita käsittävä tutkimusvaihe, on vuosien 1983-85 aikana

- valittava tutkimusalueita käytettävissä olevan geologisen ja muun tutkimusaineiston perusteella
- hankittava tekninen valmius syvien reikien avulla tehtäviin kallioperätutkimuksiin.

Tutkimusalueita valittaessa käydään läpi Suomen alue kokonaisuudessaan loppusijoitukseen vaikuttavien tekijöiden kannalta. Teknistä valmiutta kehitetään muun muassa vuonna 1984 kairattavan kooreiän avulla. Näitä asioita on selvitetty lähemmin seuraavissa kappaleissa.

### 3. ALUEIDEN VALINTA SIJOITUSPAIKKATUTKIMUKSIIN

Valittaessa sijoituspaikkatutkimuksiin soveltuvia alueita ovat tarkastelun kohteena

- geologiset tekijät
- muut asiaan vaikuttavat tekijät.

Keskeisiä geologisia tekijöitä ovat

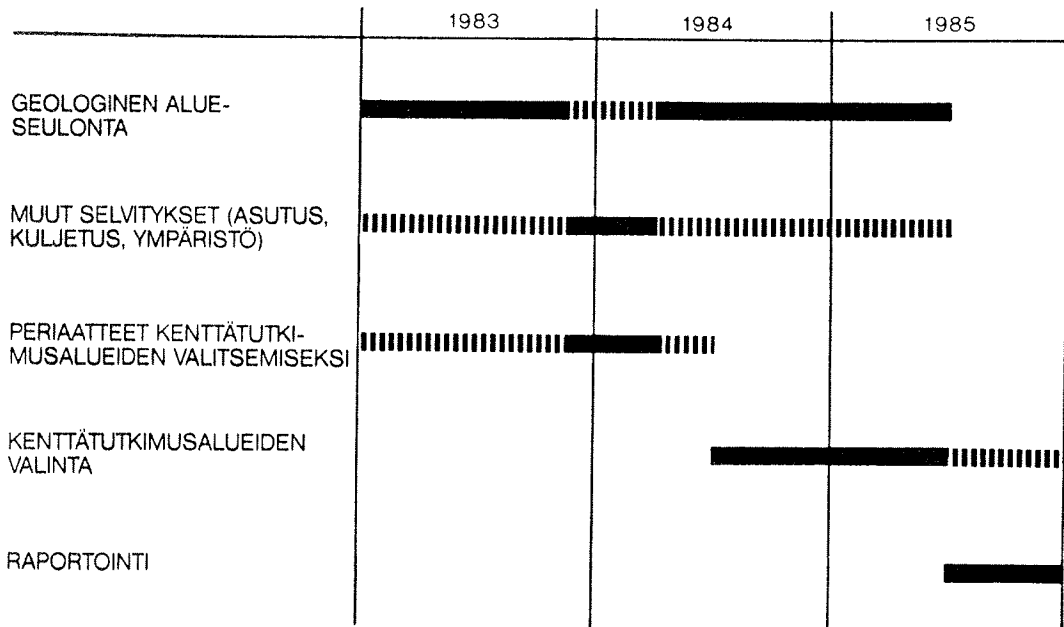
- kivilajin on oltava yleisesti Suomen kallioperässä esiintyvää
- paikka ei saa sijaita malminetsinnällisesti mielenkiintoisella alueella
- paikka ei saa sijaita suuren ruhjevyöhykkeen välittömässä läheisyydessä.

Geologisia olosuhteita tarkasteltaessa on todettu, että mitään Suomen kallioperän pääkivilajiyksiköistä ei ole perusteltua sulkea pois mahdollisten loppusijoituskohteiden joukosta /4/. Geologiset tarkastelut tutkimusalueita valittaessa tehdään olemassa olevan tutkimusaineiston perusteella, joka kansainvälisestikin katsoen on laaja. Käytettävissä on esimerkiksi kallioperä-, aeromagneettisia, gravimetrisiä ja seismisiä karttoja, maaperää, morfologiaa ja vesistöjä kuvaavia karttoja sekä satelliittikuvia.

Muita kuin geologisia tutkimusalueiden valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat

- asutus
- maankäytön rajoitukset (suojelualueet, erityistoimintojen alueet)
- pohjavesiolosuhteet (yhdyksuntien vedenhankinta)
- tieyhteydet
- maanomistus.

Vuosien 1983-85 selvitystyö (kuva 2) etenee siten, että aluksi rajataan geologisin perustein suurehkoja (tyypillisesti useita kymmeniä neliökilometrejä) kallioalueita, jotka täyttävät sijoituspaikkatutkimuksiin soveltuville alueille asetettavat vaatimukset. Rajattavia alueita tulee olemaan joka puolella Suomea yhteensä useita satoja. Näitä alueita tarkastellaan sen jälkeen muiden kuin geologisten tekijöiden kannalta, mikä karsii osan alueista pois. Sopivimmat alueet käydään läpi yksityiskohtaisemmin kaikkien asiaan vaikuttavien tekijöiden kannalta. Tavoitteena on erottaa em. suurehkojen kallioalueiden sisältä kenttätutkimuksiin soveltuvia pienempiä, yhtenäisiä kalliomuodostumia. Loppuvaiheessa karttahavainnot varmennetaan suorittamalla maastokäyntejä mahdollisille tutkimusalueille.



Kuva 2. Alueiden valinta sijoituspaikkatutkimuksiin.

Valtioneuvoston periaatepäätöksen mukaisesti vuoden 1985 lopussa on oltava tiedossa useita alueita alustavia sijoituspaikkatutkimuksia varten, arviolta 5-10 aluetta.

#### 4. TUTKIMUSMENETELMIEN KEHITTÄMINEN JA TESTAUS KOEREIÄN AVULLA

Käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen liittyvien paikkatutkimusten erikoispiirteitä ovat syvien kairausreikien avulla tehtävät kallioperätutkimukset. Osa tutkimusrei'istä kairataan 500-1000 metrin syvyisiksi.

Suomessa on kairattu malminetsinnän yhteydessä lukuisia syviä reikiä. Pisin reikä ulottuu noin 1300 m:n syvyyteen. Erona tuleviin sijoituspaikkatutkimuksiin verrattuna ovat olleet seuraavat tekijät:

- malminetsintätutkimuksissa päähuomio on kohdistunut kairauksesta saatavan kallionäytteen tutkimiseen, kun taas sijoituspaikkatutkimuksissa paino on reiässä tehtävillä mittauksilla
- malminetsintäreikien koko on ollut pienempi (halkaisija yleensä 46 mm) kuin sijoituspaikkatutkimuksissa tarvittavien reikien.





Koereiän kairauspaikaksi on valittu Laviassa Katossuon länsipuolella sijaitseva kallioalue. Paikan valinta suoritettiin pääosin samojen periaatteiden mukaan, joita käytetään myös jatkossa tutkimusalueita valittaessa ja jotka on esitetty kohdassa 3. Poikkeuksena koereiän kohdalla oli se, että paikanvalinnassa rajoituttiin Etelä- ja Länsi-Suomeen, jotta tutkimusalueen ja tutkimusorganisaatioiden välinen maantieteellinen etäisyys olisi kohtuullinen ensimmäisen syvän reiän tapauksessa.

Katossuon kallioalue on loivaa avokalliota, jossa kivilajina on graniitti. Koereikä kairataan 700-1000 m:n syvyyseksi kallionäyttekairauksena. Reiän halkaisija on 56 mm. Syvän reiän läheisyyteen kairataan 1-2 matalaa reikää porakonekairauksena.

Syvässä reiässä tehtävin mittauksin selvitetään pohjaveden liikkumista kallioraoissa ja reikää ympäröivän kallion ominaisuuksia. Muita reikiä käytetään hyväksi tutkittaessa reikien väliin jäävän kallioperän ominaisuuksia.

Kairauksesta saatavista kallionäytteistä kartoitetaan kivilajit ja raot. Kallionäytteiden ominaisuuksia tutkitaan erilaisin laboratoriomittauksin. Reiästä otettaville pohjavesinäytteille tehdään kemialliset analyysit.

Koereiän ympäristössä avokallioalueilla tehdään kivilaji- ja rakokartoitus. Kallioperän geologisia pääpiirteitä selvitetään maanpinnalta tehtävien geofysikaalisten tutkimusten avulla.

Koereiän kairaus- ja tutkimusohjelman aikataulu on esitetty kuvassa 3 /5/. Koko ohjelman kustannusarvio on noin 4,7 milj. mk.

## 5. YHTEENVETO

Valtioneuvosto on marraskuussa 1983 tehnyt periaatepäätöksen, jonka mukaisesti käytetylle polttoaineelle on Suomessa valittava loppusijoituspaikka vuoden 2000 loppuun mennessä. Paikkatutkimusohjelman ensimmäinen vaihe on käynnistynyt vuonna 1983 ja jatkuu vuoden 1985 loppuun saakka. Tänä aikana valitaan tutkimusalueita vuodesta 1986 alkaen käynnistyviin alustaviin sijoituspaikkatutkimuksiin sekä hankitaan syvän koereiän avulla teknistä valmiutta kallioperätutkimusten suorittamiseen.

## 6. VIITTEET

- /1/ Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus Suomen kallioperään. Raportti YJT-82-46. Teollisuuden Voima Oy. Marraskuu 1982.
- /2/ Valtioneuvoston 10.11.1983 tekemä periaatepäätös ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteista.
- /3/ Äikäs, T. & Laine, T., Korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoituksen sijoituspaikkatutkimukset - Tutkimusohjelma. Raportti YJT-82-56. Saanio & Laine Oy. Joulukuu 1982.
- /4/ Vuorela, P. & Hakkarainen, V., Suomen kallioperän soveltuvuus korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoitukseen. Raportti YJT-82-58. Geologinen tutkimuslaitos. Joulukuu 1982.
- /5/ Äikäs, T., Koereikä - tutkimusohjelma. TVO/KOEREIKÄ, Työraportti 83-01. Saanio & Laine Oy. 21.11.1983.