

ATS Ydintekniikka 3/1985

YDINVOIMAKOMPLEKSI	Björn Wahlroos	1
YDINVOIMALAITOKSEN TALOUDELLISESTA MERKITYKSESTÄ LOVIISAN KAUPUNGILLE	Ralf Sjödahl	3
... JA EURAJOEN KUNNALLE	Juhani Niinimäki	5
LOVIISAN LAITOSTEN REVISIOT	Klaus Sjöblom	7
LOVIISA 1:n LAUHDUTTIMIT UUSITAAAN	Ossi Hietanen	8
OLKILUODON LAITOSTEN POLTTOAINEENVAIHTOSEISOKIT		10
TVO II:n LAUHDUTTIMIEN TITANIPUTKITUKSESTA	Juho Hakala	12
TVO II:n GENERAATTORIN VESIVUODON KORJAUS	Aappo Kontu	19
NOKIALTA KOULUTUSSIMULAATTORIOHJELMISTO UNKARIIN	Kalle-J Korhonen	21
SÄTEILYTURVAKESKUS - VIRANOMAINEN JA ASIAANTUNTIJA		25
USERS - YDINVOIMALAITOSTEN KÄYTTÖKOKEMUSTEN RAPORTOINTIJÄRJESTELMÄ	Klaus Sjöblom	32
YDINENERGIAN KEHITYS- JA TUTKIMUSTYÖ EPRISSÄ	Lasse Mattila	36
SUOMALAISTEN OSALLISTUMINEN OECD/NEA:N REAKTORI- TURVALLISUUSTYÖHÖN	Antti Vuorinen Lasse Mattila	48

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO 3 / 1985

JULKAISIJA Suomen Atomiteknillinen Seura -
Atomtekniska Sällskapet i Finland r.y.

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA
FT MIKKO KARA
P. 90-6090553

IMATRAN VOIMA OY
MALMINKATU 16
00100 HELSINKI

ERIKOISTOIMITTAJA
DI KLAUS SJÖBLÖM
P. 915-550431

IMATRAN VOIMA OY
07900
LOVIISA

ERIKOISTOIMITTAJA
DI AHTI TOIVOLA
P. 938-18220

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
27160
OLKILUOTO

TOIMITTAJA
FM LAUNO TUURA
P. 90-6172471

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
KAMPINKUJA 2
00100 HELSINKI

JOHTOKUNTA

Puheenjohtaja
DI HEIKKI RAUNOLIN
P. 90-605022

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
FREDRIKINKATU 51-53
00100 HELSINKI

Varampuheenjohtaja
DI HARRY VIHRIÄVAARA
P. 90-608835

SÄHKÖTUOTTAJIEN YHTEISTYÖ-
VALTIUSKUNTA (STYV)
LÖNNROTINKATU 4 B
00170 HELSINKI

Sihteeri
DI ERKO TUURA
P. 90-609096

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI

Rahastonhoitaja
FB LEENA KATAJAFIND
P. 90-4512826

TEE/KIRJASTO
STANIERENTIE 3
02150 ESPOO

JOHTOKUNNAN JÄSEN
TKT ERKKI AALTO
P. 90-6160250

IMATRAN VOIMA OY
EERIKINKATU 27
00180 HELSINKI

JOHTOKUNNAN JÄSEN
TKL JUUKA LAAKSONEN
P. 90-6167296

SÄTEILYTURVAKESKUS
KALEVANKATU 44
00180 HELSINKI

JOHTOKUNNAN JÄSEN
TKT KARI TÖRRÖNEN
P. 90-4565391

VTT/METALLILABORATORIO
METALLIMEHENKUJA 6
02150 ESPOO

TOIMIHENKILÖT

YLEISSIHTEERI
FK LAURI RANTALAINEN
P. 90-6090949

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI

KANS. VÄL. YHTEYYS. SIHT.
DI KLAUS KILPI
P. 90-4564148

VTT/E-OSASTON KANSLIA
VUORIMEHENTIE 5
02150 ESPOO

EKSURSIOSIHTTEERI
DI PERTTI SALMINEN
P. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB.
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI

ATS-INFO PUHEENJOHTAJA
TKT SEPPÖ VUORI
P. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB.
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI

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

Björn Wahlroos:

YDINVOIMAKOMPLEKSI

Viimeaikaiset tiedustelut ovat osoittaneet kansalaismielipiteen alkaneen muuttua ydinvoimalle myötämielisemmäksi. Monien tähän asennemuutokseen vaikuttaneiden syiden joukossa manittakoon vain kaksi, nimittäin sähkölämmityksen yleistymisen myötä lisääntynyt sähkön hintatietoisuus sekä luonnonsuojeluargumenttien kääntyminen pääläelleen haposaderaporttien myötä.

Sen sijaan että käyttäisimme julkisessa keskustelussa syntynyttä taukoa vain voimalavastustajien argumentin murenemisen ihailuun, olisi mielestäni syytä tarkastella sitä miten luonnonsuojeluun painottunut keskustelu uudesta perusvoimalasta on vaikuttanut sen puolestapuhujiin. Nyt esillä oleva voimalaratkaisu ei nimittäin tule olemaan tämän vuosisadan viimeinen. Jos argumentit ovat keskustelussa rähjäntyneet on olemassa ilmeinen vaara siitä että seuraava keskustelu tulee olemaan asiasisällöltään nykyistäkin köyhempi.

Keskusteluasetelma on selvästikin lyönyt leimansa ydinvoimalaa puoltavien kannanottojen perusteluihin. Pelko joutumisesta tilanteeseen jossa julkisesti on puolustettava ylikorkeiksi osoittautuneita kulutusennusteita, alimitoitettuja kustannusarvioita tai liian matalaa laskennallista korkoa, on saanut niin sähkön tuottajat kuin sen kuluttajatkin varpailleen.

Tämän seurauksena ydinvoimaa puoltava argumentti, sellaisena kuin se julkisuudessa yleensä esitetään, on selvästi alaspäin harhainen. Eli toisin sanoin: viides ydinvoimala tulee mitä suurimmalla todennäköisyydellä olemaan huomattavasti kannattavampi sijoitus kuin miltä se nykyisillä virallisilla laskentaperusteilla näyttää.

Kannattavuuslaskelmien perustana olevan sähkön kulutuksen ennakoidaan vuoteen 2000 mennessä kasvavan noin 2.5% vuodessa kun se kuluneena viisitoistavuotiskautena on kasvanut keskimäärin lähes 7% vuodessa ja viime kahdentoista kuukauden aikana 11%. Tuo 2.5 %:n arvio perustuu vuorostaan olettamukseen runsaan kahden prosentin bruttokansantuotteen keskimääräisestä vuosikasvusta. Viime

viidentoista vuoden aikana BKT on kuitenkin kasvanut keskimäärin 3.8% vuodessa, 1970-luvun keskivaiheen nollakasvuvuodet mukaanlukien. Jopa pessimismiin taipuvainen valtiovarainministeriö perustaa omat pitkän aikavälin arvionsa kolmen prosentin kansantuotteen vuosikasvuun.

Nämä sähköntuottajien synkät kasvunäkymät sekä niihin yhdistetty olettamus varsin vähäisestä siirtymisestä muista energiamuodoista sähköön johtavat 70 TWh:n kulutusennusteeseen vuodelle 2000. Hiukan realistisimmilla talouskasvuarvioilla tuo ennuste nousee kuitenkin jopa kymmenellä terawattitunnilla.

Voimalan kannattavuuslaskelmissa ei myöskään ole huomioitu sitä seikkaa että lisätty perusvoimakapasiteetti on omiaan vähentämään sähkön reaalihintaan kohdistuvia korotuspaineita. Sähkön kulutus ei toisin sanoen, niin kuin perusvoimalan nykyisissä kannattavuuslaskelmissa, ole voimalaratkaisusta riippumaton. Jokaista kymmenen prosentin reaalihinnan laskua kohden, sähkön kysyntä kasvaa 2-3 prosenttia. Mahdollistamalla halvemmän sähkön tuottamisen, ydinvoimala vaikuttaa siten positiivisesti sähkön kulutukseen ja tulee siten kiinteällä kulutusolettamuksella laskettua kannattavammaksi.

Voimalasuunnitelussa käytetty laskennallinen reaalikorkokanta, viisi prosenttia, on sekin 0.5 - 1.0 prosenttiyksikköä liian korkea. Joskin tuo ero ei hevin suurelta vaikuta, on syytä muistaa että yhden prosenttiyksikön muutos voimalan tuottovaatimuksessa merkitsee sen tuottaman sähkön nykyarvoon miljardin markan suuruista muutosta.

Varovaisuus on tietenkin hyve, varsinkin kun vastustajien strategiana on tarttua marginaaliinkin virheisiin. Nyt näyttää kuitenkin käyneen niin että hätävarjeluun liiottelu on vääristänyt jopa vastuullisten päätöksentekijöiden kuvaa voimalahankkeen kannattavuudesta ja aikataulusta. Todellisuudessa hanke on nimittäin laskettua kannattavampi ja sen toteuttamisessa on, sähkön kulutuksen nopean kasvun vuoksi, arvioitua kovempi kiire. Olisi ehkä syytä, vaikkapa vain sisäiseen käyttöön, teettää uusi, entistä realistisempi voimalahankkeen taloudellinen arvio.

Kaupunginkamreeri Ralf Sjödahl

YDINVOIMALAITOKSEN TALOUDELLISESTA MERKITYKSESTÄ
LOVIISAN KAUPUNGILLE

"Vuosi 1972 oli Loviisan osalta vuosi jolloin nopea kehitys toi mukanaan toisaalta vilkkaan rakennustoiminnan ja toisaalta taloudellisen tilanteen kiristymisen. Työvoiman määrän kasvaessa ydinvoimalaitoksen rakennustyömaalla kohdistuivat kaupungin palveluihin entistä suuremmat vaatimukset ilman että veroäyrimäärä kasvoi."

Edellisissä sanoin alkaa kaupungin vuoden 1972 kunnalliskertomus. Tämä kuvastaa sitä, että kaupunki joutui panostamaan paitsi kunnallistekniikkaan myös peruspalveluihin totuttua enemmän. Tuolloin IVO myönteisellä asennoitumisellaan usein edesauttoi kaupungin voimalaitoksesta johtuvien kunnallisteknisten investointien toteuttamisessa. Samoihin aikoihin luotiin perusta kaupungin tämän päivän korkealle palvelutasolle esimerkiksi lasten päivähoidon suhteen.

Ydinvoimalaitoksen rakentamisen myötä myös muu elinkeinoelämä paikkakunnalla piristyi. Rakennustoiminta oli vilkasta, pelkästään vuonna 1972 laajensivat toimintaansa mm. Rauma-Repola Oy, Ewald Virtanen ja Profile Oy .

Jo rakennustyömaan aikana Imatran Voima Oy:stä tuli merkittävä taloudellinen tekijä Loviisan kaupungille. Voimayhtiö vastasi lähes 25 % kaupungin verotuloista; laskettaessa mukaan myös henkilöstön maksamat lähes kolmanneksesta verotuloista. Tätä taustaa vasten lienee kiistatonta, että IVO:lla on ollut oleellinen vaikutus siihen, että Loviisan kaupungin talous kääntyi vuosikymmenessä velkaisesta vauraaksi.

Tänä päivänä IVO on ylivoimaisesti suurin työnantaja paikkakunnalla; henkilöstön vahvuus on yli 400, vuosihuollon aikana selvästi yli 1000. Täten IVO:n henkilökunta perheineen muodostaa huomionarvoisen osan kaupungin ostovoimaisista kuluttajista.

Vuoden 1983 verotuksessa, joka toimeenpantiin vuonna 1984, ydinvoimalaitos vastasi noin 18,5 % kertyneistä veroäyryistä. Ottaen huomioon välilliset palkkatulot, IVO:n osuus lienee arviolta noin 21-22 % kaupungin verotuloista. Kaupungin kokonaisverotulot muodostavat puolestaan noin 40 % kaupungin kaikista tuloista. Verojen ohella IVO maksaa myös yli puolet kaupungin katumaksuista, tästä hyötyvät lähinnä muut kaupungissa katumaksua suorittavat.

Tarkasteltaessa ydinvoimalaitoksen taloudellista merkitystä Loviisan kaupungille on syytä kiinnittää huomiota verotulojen ohella myös muihin vaikutuksiin. Voidaan hyvällä syyllä kysyä olisiko Loviisan kaupungilla ollut mahdollisuuksia panostaa puistoihin, vapaa-ajan harrastuksiin sekä viihtyvyyteen yleensä niin paljon varoja ilman ydinvoimalaitosta.

Lisäksi kaupunki on voinut nostaa peruspalvelutasoaan kauttaaltaan. Täten Loviisalla on aikaisempaa parempi valmius vastaanottaa uusia suurhankkeita kuten esim. mahdollisen ydinvoimalaitostyömaan.

IVO:n ja kaupungin yhteistyö ulottuu myös kiinteistöyhtiöihin, lämpöyhtiöihin ja jopa kaupungin markkinointiin kuten mm. edellisen polttoainekuljetuksen yhteydessä. Tätä markkinointiyhteistyötä onkin syytä edelleen kehittää, jotta voisimme molemminpuolista PR:ää hyväksikäyttäen todeta, että Loviisa on ankkuripaikka monessa mielessä - nyt ja vastaisuudessa.



EURAJOEN
KUNNANHALLITUS

Juhani Niinimäki
Juhani Niinimäki
kunnanjohtaja

Olkiluodon ydinvoimalaitosten taloudellinen merkitys Eurajoen kunnalle

Heti alussa on tunnustettava, että olen muutama kuukausi sitten muuttanut Eurajoelle, joten mm. omakohtaista kokemusta ydinvoimalaitosten rakennusajalta täällä Eurajoella minulla ei ole. Mutta ehkä näin alussa ikäänkuin ulkopuolisen silmin voi heti suoralta kädeltä todeta Olkiluodon ydinvoimalaitosten Eurajoen Olkiluotoon tulolla olleen suorastaan käänteentekevä vaikutus Eurajoen kunnan kehitykseen.

Eurajoen kunta oli ennen Olkiluodon ydinvoimalaitosten tuloa maatalousvaltainen kunta, jossa oli varsin vähän teollisia työpaikkoja. Työssäkäynti oman kunnan ulkopuolella, lähinnä Raumalla oli runsasta. Ydinvoimalaitosten tulo on ollut Eurajoen kunnalle voimakas kehityssysäys, joka sai 1970 -luvun puolivälistä lähtien aikaan kunnan oloissa ennätysmäisen vilkkaan asuntotuotannon, jolloin parhaimpina vuosina yllettiin 70 - 80 uuden asunnon vuosittaiseen valmistumiseen. Myöskin kunnan asukasluku kääntyi kasvuun vuodesta 1974 lähtien kasvun ollessa parhaimmillaan jopa lähes 200 henkeä vuosittain. Nyt väkiluvun kehitys on vakiintunut kasvuksi ja 10 viimeisen vuoden ajalta onkin vain kaksi yksittäistä vuotta, jolloin väkiluku on lievästi laskenut noin 20 hengellä.

Olkiluodon ydinvoimalaitosten välittöminä vaikutuksina voisi todeta, että laitosten työllistämästä henkilökunnasta noin viidesosa eli runsaat 100 henkilöä perheineen asuu Eurajolla. Tosin näin kunnallismiehenä toivoisi, että vielä paljon suurempi osa laitoksen palveluksessa olevasta henkilökunnasta asuisi Eurajoen kunnassa.

Teollisuuden Voima Oy:n yrityksenä kunnalle maksamat verotulot ovat kahden viime vuoden aikana nousseet merkittäviksi kunnan taloudessa. Esim. kunnan vuoden 1985 talousarviossa Teollisuuden Voima Oy:ltä on arvioitu kertyvän 63 milj. veroäyriä kunnan koko äyrimäärän ollessa arvioitu 241 milj. veroäyriksi. Teollisuuden Voima Oy:n äyrimäärä vastaa siten noin neljäsosaa kunnan veroäyrimäärästä. Suotuisa veroäyrikertymä on myös mahdollistanut sellaisen harvinaisen toimenpiteen kuin veroäyrin hinnan alentamisen 16 pennistä 15 penniin. Eurajoen 15 pennin veroäyrin hinta on Turun ja Porin läänin halvimpia, sillä vain neljän kunnan veroäyrin hinta Turun ja Porin läänissä on 15 penniä kaikkien muiden kuntien veroäyrin hinnan ollessa sitä korkeamman.

Ehkä on vielä lopuksi mainittava näiden taloudellisten tekijöiden lisäksi ydinvoimalaitosten kuntaan tulon henkinen merkitys. On nimittäin niin, että laitokset ovat palauttaneet uskon kunnan kehittämisen mahdollisuuksiin ja kunnassa vallitseekin nyt optimistinen kehittämisen ja eteenpäinmenon henki ja kaikkinaisen muukin yritteliäisyys kunnassa on lisääntynyt. Ei sovi myöskään unohtaa ydinvoimalaitosten hyvin koulutetun henkilökunnan merkitystä kunnan henkisen kapasiteetin lisääjänä, harrastustoiminnan vireyttäjänä ja uusien ajatusten tuojana.

Kaiken kaikkiaan voisi todeta, että mitä lähempänä ydinvoimalaitoksia ihmiset asuvat, sitä myönteisemmin he suhtautuvat ydinvoimaan.

LOVIISAN REVISIOT

Loviisan revisioiden kesto "verkosta verkkoon" oli

L01	20 vrk 7 h 44 min (7.-27.7.)
L02	20 vrk 20 h 55 min (27.7-17.8)

L01:llä ajettiin turpiini-1 alas jo viikkoa ennen revision alkua, koska lauhduttimen putkien vaihdon arveltiin kestävän 4 viikkoa, kuten tapahtuikin. revisiot noudattivat ennakkoaikataulua ja -suunnitelmia hyvin. Reaktoritöiden nopeutuessa ja revision keston lyhetessä kriittinen polku alkaa lähestyä yhä useampia töitä.

Molemmilla yksiköillä vaihdettiin runsas kolmannes polttoaineesta. Aikaisemmasta poiketen tuoretta polttoainetta sijoitettiin keskemälle; alhaisempi neutronivuoto pidentää latausjaksoa ja vähentää reaktoripaineastiaan kohdistuvaa säteilyrasitusta.

Reaktoripaineastiaan jäädytteenmenetystilanteessa kohdistuvan lämpötransienttien pienentämiseksi korkeapainehätäjäjäähdytyspumppujen nostokorkeutta alennettiin. Suojarakennuksen sisäpuolella olevat silikoni-eristeiset kaapelit vaihdettiin paremmin onnettomuusolosuhteita kestäviin. Hätäjäähdytyspumppuhuoneiden ilmastointikapasiteettia lisättiin.

Ulkopuolisen työvoiman vahvuus oli suurimmillaan 850 henkeä. Säteilyannokset jäivät taas alhaisiksi, L01:llä kollektiivinen annos oli 0,43 manSv ja L02:lla 0, manSv.

Klaus Sjöblom

Ossi Hietanen

LOVIISA 1:N LAUHDUTTIMIT UUSITAAAN

Loviisa 1:n merivesilauhduttimet ovat mittavien muutostöiden kohteena vuosien 1985-86 aikana. Kuluvan kesän aikana uusittiin yhden lauhduttimen putkisto erikoisseosteisella ruostumattomalla teräksellä ja ensi kesänä asennetaan kahteen lauhduttimeen titaaniputket. Työt ovat paitsi teknisesti erittäin vaativia myös revisioaikataulun kannalta kriittisiä.

Loviisa 1:n käynnistämisestä on kulunut jo kahdeksan vuotta. Alkuperäiset nikkelikupariputket ovat vielä ikäänsä nähden melko hyvässä kunnossa, mutta niiden korroosionopeus on jo osoittanut suoritettujen pyörrevirtatarkastusten perusteella selvästi kiihtymisen merkkejä. Niinpä putkistojen uusiminen onkin katsottu ajankohtaiseksi. Lauhduttimien kunnontarkkailussa on käytetty IVOn keskuslaboratorion pyörrevirtamittauskalustoa.

Tänä vuonna turbiini 1:n toiseen lauhduttimeen asennettujen putkien materiaali on ruotsalaista erikoisterästä tyyppimerkiltään 254 SMO, jonka merivedenkestävyyttä on testattu IVOn laitoksilla jo viiden vuoden ajan hyvällä menestyksellä.

Putkitustyö oli aikataulultaan erittäin tiukka. Työ vietiin läpi 28 päivässä, joten siinä ei ollut juurikaan varaa odottamattomille yllätyksille. Yhden putken vaihdon, käsittäen ulosvedon, asennuksen, katkaisun, manglauksen ja tiivistehitsauksen oli laskettu kestävän kolme ja puoli minuuttia. Viivästymisriskejä pyrittiin minimoimaan tiukan laadunvalvonnan ja työn huolellisen esisuunnittelun avulla. Tiivistehitsauksen osalta työ oli ainutlaatuinen maailmassa.

Vuoden 1986 seisokissa ryhdytään vielä suurempaan yritykseen. Silloin vaihdetaan turbiini 2:n molemmat lauhduttimet lähes kokonaan uusiin. Vanhoista lauhduttimista hyödynnetään vain vaippa, sillä titaaniputkisto rakennetaan putki- ja tukilevyineen valmiiksi ns. moduleiksi jo kevään aikana. Kriittisin työvaihe tulee ajoittumaan seisokkiin, kun kokonaiset lauhdutinmodulit asennetaan paikoilleen. Asennustyö tul- laan suorittamaan 22 päivässä. Lauhduttimien uusimisen suorittaa BBC.

Titaaniin siirtyminen parantaa merkittävästi laitoksen käyttövarmuutta. Titaani on korroosion kannalta ehdottoman varma ratkaisu merivesiolosuhteissa. Materiaalinvaihdon yhdessä lauhduttimien konstruktio muutoksen kanssa on arvioitu hieman myös parantavan niiden lämmönsiirtokykyä ja kohottavan näin turbiinin tehoa.

Turbiini 1:n toisen lauhduttimen putkien vaihdosta tultaneen päättämään myöhemmin.

LO2:n lauhduttimien putkistojen kunto on pyörrevirtatarkastuksissa havaittu paremmaksi kuin LO1:llä. Tähän ovat osaltaan vaikuttaneet käyttöönoton alusta toteutetut toimenpiteet, kuten katodinen suojaus, johon on yhdistetty raudan liuotus sekä puhdistusjärjestelmän tehokas käyttö.

OLKILUODON POLTTOAINEENVAIHTOSEISOKIT

Olkiluodon laitostyksiköiden seisokkiaajat pysäytyksestä käynnistykseen olivat

TVO I 16 vrk 9 h 56 min (7.6.-24.6.)

TVO II 29 vrk 3 h 27 min (3.5.-2.6.)

Ensinmainittu on TVO I:n historian lyhin polttoaineenvaihtoseisokki ja edustaa vähintään pohjoismaista ennätystä alalla.

TVO II:lla seisokin pituuden määräsi turbiinin lauhduttimen putkituksen vaihto, jossa poistettiin vanhat putkipaketit ja asennettiin uudet titaaniputkilla varustetut paketit. Työn suoritti Ahlströmin Varkauden konepaja. Toinen huomattava turbiini- puolen työ oli korkeapaineturbiinin sisäpesän ja roottorin vaihto. Uusien osien tarkoitus on parantaa höyryn kulkua turbiinin läpi ja optimoida hyötysuhde laitoksen korotetulla tehotasolla.

TVO II:n reaktoriin ladattiin 146 tuoretta polttoainepussia. Tällä latauksella tullaan ajamaan vähän yli vuoden kestävä käyttöjakso sillä seuraavan seisokin alkamisajankohta on suunnitelmien mukaan 14.6.1986. Ladatuista tuoreista nipuista 8 kpl oli Asea-Atomin uudentyyppistä SVEA-polttoainetta muiden ollessa Asea-Atomin 8x8 standardipolttoainetta. Reaktorista poistetun polttoaineen keskimääräinen palama oli 21 MWd/kgU.

TVO I:n seisokin pituus edustaa tilannetta, jossa laitoksella tehdään vain polttoaineen vaihto ja tarpeelliset määräaikaishuollot ja -tarkastukset ilman merkittäviä korjaus- tai muutostöitä. Saatujen kokemusten mukaan näyttäisi olevan mahdollisuuksia lyhentää tällaisen seisokin pituus kahteen viikkoon.

TVO I:n lauhduttimeen tullaan vaihtamaan titaani-putkitus v. 1986 revisiossa. Tänä vuonna vanhat lauhdutinputket tarkastettiin 100 %:sti pyörrevirtamenetelmällä, jonka tulosten perusteella 2010 putkea (n. 5 % koko määrästä) tulpattiin pois käytöstä. Lauhduttimen lämmönsiirtopinnan pieneneminen on nähtävissä 10-15 MW:n sähkötehon menetyksenä kesällä lämpimän meriveden aikaan.

Polttoainelataus TVO I:llä käsitti 118 tuoretta polttoainenippua ja 70 reaktorista aikaisemmin poistettua nippua (keskimääräinen palama 21,4 MWd/kgU). Tuoreista nipuista 64 kpl oli KWU:n valmistamaa 9x9 polttoainetta ja loput Asea-Atomin standardipolttoainetta. Ladatun polttoainejakson pituus on 6600 täys-tehotuntia.

Ulkopuolisen työvoiman maksimivahvuus oli TVO I:llä 680 henkilöä ja TVO II:lla 620 henkilöä. Henkilökunnan säteilyannokset pysyivät seisokeissa hyvin alhaisina, TVO I:llä kertyi kollektiivista annosta 0,26 Sv ja TVO II:lla 0,47 Sv.

TVO II LAUHDUTTIMEN TITANIPUTKITUKSESTA

Tekn. lis. Juho Hakala

Teollisuuden Voima Oy
27160 OLKILUOTO

TVO:n laitosten päämerivesilauhduttimien putkimateriaali oli alunperin alumiinimessinki. Putkien vuosittaiset tarkastukset osoittivat, että ne joudutaan huolimatta monipuolisesta korroosiosuojajärjestelmästä vaihtamaan 5 - 8 käyttövuoden kuluttua. Tällainen vaihto-operaatio toteutettiin TVO II:lla 1985 polttoaineenvaihtoseisokin yhteydessä. Seuraavassa on esitetty vaimdon syitä, vaihtoon liittyviä konstruktio- ja asennusratkaisuja sekä vaihdon aikana saatuja kokemuksia.

1
PÄÄLAUHDUTIN, TEHTÄVÄ JA MITAT

Päälauhdutin on suuri merivesijäähdytteinen putkilämmönvaihdin matalapaineturpiinien alapuolella. Sen tehtävänä on tiivistää matalapaineturpiinin läpi virtaava höyry vedeksi. Tiivistymisen takia lauhduttimeen muodostuu alipaine. Lauhduttimen paine vaikuttaa turpiinin hyötysuhteeseen; mitä alhaisempi paine sitä parempi hyötysuhde.

TVO:n laitoksilla lauhdutin muodostuu kahdesta identtisestä rinnakkain/levasta lauhduttimesta, joissa molemmissa on edelleen kaksi rinnakkaista merivesikammiota ja putkipakettia. Kukin putkipaketti muodostuu viidestä "kirkon ikkunan" muotoisesta putkiryhmästä. Lauhduttimen on toimitanut Stal-Laval käyttäen BBC:n lisenssiä.

Seuraavassa on esitetty muutamia sekä uuden että vanhan lauhduttimen mittoja ja materiaalitietoja:

	alkuperäinen lauhdutin	uusi lauhdutin
putkien materiaali	Al-messinki	titaani
putkien lukumäärä kpl	39000	52000
putkien halkaisija mm	24	22
putkien seinämä mm	1	0,5
reunaputkien seinämä mm	1,5	0,7
putkien pituus mm	7600	7800
lämpöpinta m ²	22000	27700
putkilevy	ruostumattomalla pinnoitettu hiiliteräs	titaanilla pinnoitettu niiliteräs
merivesivirtaus m ³ /sek.	29	29
korroosiosuojaus ja puhdistus	ferrosulfaatti, katodinen suojaus (taprogge) anodinen raudan liuotus, kumikuula puhd. (taprogge)	kumikuula puhd. (taprogge)
putki/putkilevy liitos	valssaus	valssaus + hit- saus

2

VANHAN LAUHDUTTIMEN KORROOSIOKOKEMUKSIA

Useimmilla ruotsalaisilla ydinvoimalaitoksilla on samankaltaiset lauhduttimet kuin TVO:lla. Ruotsalaiset laitokset ovat joutuneet vaihtamaan alumiinimessinki-putket kuvan 1 mukaisen aikataulun mukaisesti.

Plant	Reactor type	Year (First start of cooling pumps)													
		70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
Oskarshamn 1	BWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1970 to 1984]													R
Oskarshamn 2	BWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1974 to 1984]													R
Ringhals 11	BWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1974 to 1984]													R
Ringhals 12	BWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1974 to 1984]													R
Ringhals 21	PWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1974 to 1984]													W
Ringhals 22	PWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1974 to 1984]													W
Barsebäck 1	BWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1976 to 1984]													R
Barsebäck 2	BWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1977 to 1984]													R
Ringhals 31	PWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1978 to 1984]													W
Ringhals 32	PWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1978 to 1984]													W
TVO 1	BWR (Finland)	[Bar chart showing pipe replacement from 1978 to 1984]													
Forsmark 11	BWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1978 to 1984]													
Forsmark 12	BWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1978 to 1984]													
Ringhals 41	PWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1979 to 1984]													R
Ringhals 42	PWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1979 to 1984]													R
TVO 2	BWR (Finland)	[Bar chart showing pipe replacement from 1980 to 1984]													
Forsmark 21	BWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1980 to 1984]													
Forsmark 22	BWR	[Bar chart showing pipe replacement from 1980 to 1984]													

(R) Rolled tube joints □ Al-brass
(W) Welded tube joints ■ Titanium

Kuva 1. Ruotsalaisten ydinvoimalaitosten lauhdutin-putkien vaihto Al-messingistä titaaniksi

TVO:n lauhduttimille on tehty säännöllisesti pyörrevirtaustarkastuksia. Taulukossa 1 on esitetty näiden tarkastusten ja vuotojen perusteella tulppattujen putkien määrät eri vuosina. Tulppausrajana on käytetty vikasyvyyttä 0,7 x putken seinämänpaksuus. Pyörrevirtatarkastukset antoivat myös tietoja "enjien" putkien vikojen syvyydestä.

Taulukko 1. TVO:n lauhduttimien putkien tulppaukset eri vuosina (kpl) pyörrevirtatarkastuksen perusteella.

	v. 1982 ja ennen sitä	1983	1984	1985
TVO I	85	252	582	
TVO II	ei tarkastettu	233	2843	ti-putkitus

Näiden tarkastusten perusteella pystyttiin ennakoimaan lauhduttimien vaihtotarve.

Putkien korroosiovauriot olivat merivesipuolella. Suoritetuissa tutkimuksissa todettiin vaurioiden aiheuttajiksi seuraavia syitä:

- pistekorrosio, joka myöhemmässä vaiheessa etenee eroosiokorroosiomekanismilla ja punkaistaa putken seinämän
- meriveden sisäänmenopään eroosiokorroosio
- vieraiden esineiden aiheuttama eroosio-
korrosio.

Laitoksen käydessä pystytään putkivuoto havaitsemaan nopeasti, sillä lauhteen johtokykyä seurataan jatkuvasti. Pienikin merivesivuoto havaitaan välittömästi. TVO:n laitoksilla on 100 %:nen lauhteenpuhdistus, joka periaatteessa pystyy puhdistamaan pienen merivesivuodon aiheuttaman lauhteen likaantumisen. Tavoitteena on luonnollisesti täysin tiivis lauhdutin.

Käynnin aikana on jouduttu vuotavia putkia tulppaamaan noin 15 kertaa (TVO I ja II yhteensä).

Vuodot eivät aiheuta päästöjä ympäristöön, sillä mainitusta lauhduttimen alipaineesta jontuen merivesi vuotaa lauhduttimeen sisäänpäin.

3 KÄYTETTY UDELLEENPUTKITUSRATKAISU

Eri materiaalivaihtoehtojen joukosta (Al-messinki, Cu-nikkeli, yliseostettu ruostumaton teräs, titaani) päädyttiin titaaniin, joka korroosiomielessä on osoitettu luotettavaksi ja pitkäikäiseksi. Putkilevyn ja putkien välinen liitos haluttiin tiivistehitsatuksi. Tämä siitä syystä, että valssausliitosten onnistumisesta vanhaan putkilevyyn ei oltu varmoja. Pienikin meriveden pääsy putken ja putkilevyn väliseen rakoon aiheuttaa putkilevyn nopean syöpymisen. Tällaisesta oli tiedossa esimerkkejä ruotsalaisilta laitoksilta.

Haluttu konstruktio edellytti putkilevyjen vaihtoa, sillä titaaniputkia ei voi hitsata muuhun materiaaliin kuin titaaniin. Putkilevyjen vaihto tarjosi myös mahdollisuuden lämpöpinnan lisäämiseen ja sitä kautta laitoksen hyötysuhteen kohottamiseen. Kuten edellä olevasta ilmenee lisättiinkin lämpöpintoja oleellisesti.

Perusongelmaksi valitussa ratkaisussa muodostui asennuksen vaatima pitkä aika, jonka kustannusvaikutus tuotannonmenetyksen takia oli merkittävä. Ongelma ratkaistiin siten, että sovellettiin ns. moduli-tekniikkaa. Vanhat putkipaketit vedettiin ulos n. 3,2 x 3,5 x 7,6 m tai 2,1 x 3,5 x 7,6 m suuruisina moduleina ja uudet vastaavanlaiset tehtaalla valmistetut modulit asennettiin paikalleen.

4 PROJEKTIN ORGANISAATIO

Kokonaistoimituksesta tilaajaan päin vastasi Asea-Stal. Modulien valmistuksen ja asennuksen suoritti A. Ahlström Oy käyttäen alihankkijoina: Tehko Oy (asennustyö, hitsaus), Fincorros Oy (maalaukset), Solving Oy (ilmatyyny- ja telakuljetukset), Helminen Oy (lavettikuljetukset ja nostot), Polartest Oy (tarkastukset), Nokia Oy (kumiointi), RTK (siivoukset). Lisäksi TVO suoritti runsaasti erilaisia aputoita.

5 MODULIEN VALMISTUS

Modulien suunnittelutyön suoritti Asea-Stal. Asea-Stal Linköping suoritti myös putkilevyjen porauksen ja osan välilevyjen porauksesta. Muilta osin valmistettiin ja koottiin modulit A. Ahlström Oy:n Varkauden tehtailla. Titaaniputket valmisti Kobe-Steel Japanista.

Modulien valmistuksen erikoispiirteistä mainittakoon

- suuri mittatarkkuus. Rinnakkaisten modulien putkilevyt hitsattiin toisiinsa kiinni. Jo muutaman millimetrin mittapoikkeama modulien välillä olisi johtanut vaikeuksiin.
- titaaniputkien käsittelyn ja hitsauksen vaatima puhtaus ja huolellisuus. Titaaniputket ovat 0,5 mm:n paksuisia ja siten varsin alttiita käsittelyvaurioilla. Lisäksi titaanin hitsaus vaatii täysin puhtaan titaanipinnan ja ympäristön. Riittävän hyvien olosuhteiden saavuttamiseksi suoritettiin modulien kokoaminen ja hitsaus erillisessä "puhtaassa" teollisuushallissa.
- tiukka laadunvalvonta ja muu valvonta. Valmistukseen sovellettiin normaalisti ydinvoimalaitoksilla käytettyä laadunvalvontajärjetelyä. Valvonnan tiukkuutta kuvaa se, että tilaajien ja Asea-Stalin edustajat olivat paikalla koko modulien rakentamisen ajan.

Modulit valmistuivat aikatulun mukaisesti. Kuljetus Varkaudesta Olkiluotoon tapahtui kuorma-autolaveteilla. Muutamaa poikkeusta lukuunottamatta voitiin ajaa normaalia lyhintä reittiä. Murphyn lain mukaisesti kuljetuksen yllätti lumimyrsky ja liukas keli. Haavereilta kuitenkin vältyttiin.

6

ASENNUS

Modulien kuljetusta varten jouduttiin avaamaan kuljetusreitti mm. kahden betoniseinän lävitse (paksuus 140 cm ja 30 cm). Seinistä leikattiin palat timanttisahaamalla. Palat kuljetettiin pois ilmatyynyjen avulla.

Kuljetusreitien kohdalta jouduttiin lattiaa tukemaan. Ilmatyynykuljetusta varten parannettiin myös lattian pinnan laatua.

Modulien kuljetuksen takia purettiin myös yksi päämerivesipumppu ja useita putkia poistettiin.

Varsinainen asennus alkoi vanhojen putkipakettien irtileikkauksella. Putkilevyt leikatti plasmalla, muut osat normaalilla polttoleikkauksella. Irtileikatut putkipaketit vedettiin kiskoilla olleiden telakuljettimien avulla ilmatyynyaluksen päälle. Kuljetus lauhdutinhallissa tapahtui ilmatyynyaluksella. Seiniin tehtyjen aukkojen kautta irrotettu moduli vedettiin kisko/telakuljetin tekniikkaa käyttäen pumppurakennukseen, jossa tapahtui siirto lavetin päälle. Lavetti ajettiin ulos.

Uusien modulien kuljetus tapahtui päinvastaisessa järjestyksessä. Painavimmat modulit painoivat n. 45 tonnia. Kuljetusjärjestelyt onnistuivat pienen kokeilun jälkeen suunnitellulla tavalla.

Uudet modulit osoittautuivat varsin mittatarkoiksi eikä asennusongelmia tässä mielessä ilmennyt. Uudet modulit hitsattiin toisiinsa ja vesikammioiden seiniin kiinni. Asennukseen liittyvä hitsausliitospituus oli n. 700...1000 m, josta tosin suuri osa oli pienahitsiä.

Hitsaustöiden jälkeen liitosalue uusien putkilevyjen ja vesikammioiden välillä puhdistettiin ja niekka-puhallettiin. Tämän jälkeen alue maalattiin INERTA 160 epoksimaalilla.

7
ASENNUSAIKATAULU

Modulien asennukseen arvioi toimittaja alunperin kulu-
van 42 vrk. Suunnittelun edistyessä asennusajaksi
sovittiin 36 vrk. Edelleen yksityiskohtaisempi asen-
nussuunnittelu ja uudet ideat mahdollistivat tavoite-
aikatauluksi 32 vrk.

Käytännössä asennus pystyttiin toteuttamaan 27 vrk 21
tunnissa, mikä on ilmeisesti maailmanennätys sarjas-
saan.

8
UUDEN LAUHDUTTIMEN KÄYTTÖKOKEMUKSIA

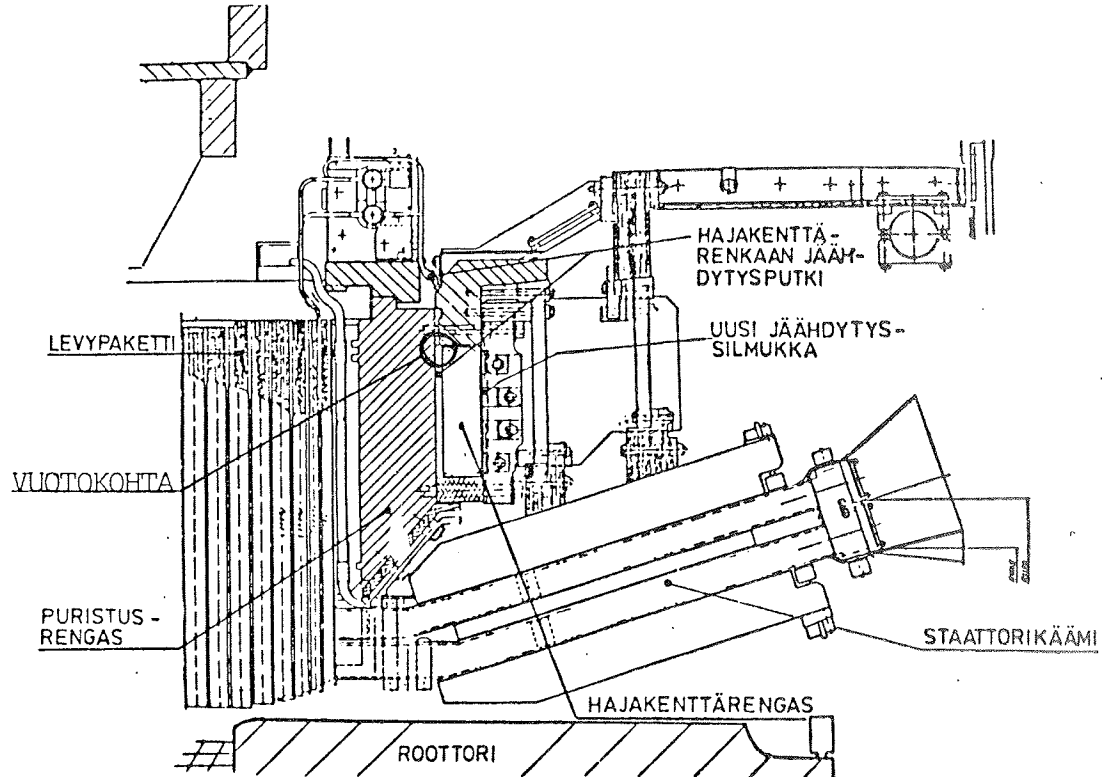
Uusi lauhdutin osoittautui tiiviiksi. Toistaiseksi ei
ole kaikkia meriveden lämpötila-alueita kokeiltu,
mutta alustavien arvioiden mukaan lisääntyneen lämpö-
pinnan vaikutus sähkötehoon vuositasolla merkitsee
varovaisen arvion mukaan noin 35000 MWh sänkömäärää
laitosta kohti. Edellä oleva arvio on tehty puhtaan
lauhduttimen antamien tulosten mukaan.

TVO II:N GENERAATTORIN VESIVUODON KORJAUS

TVO II laitoksella saatiin sunnuntaina 21.4.1985 hälytys generaattorin jäähdytysilman kosteudesta. Laitos päätettiin irrottaa verkosta kosteuden nousun syyn selvittämiseksi.

Tarkastuksessa havaittiin generaattorin staattorin turbiinin puoleisessa päässä sijaitsevan ns. hajakenttärenkaan jäähdytyspiirin vuotavan. Jäähdytyspiiri on vaikeasti luoksepäästävä. Hajakenttärenkas on dynamolevyistä koottu rengas, joka sijaitsee staattorin levypaketin puristusrenkaan ulkopuolella, ks. alla esitetty kuva. Hajakenttärenkas toimii staattorin ja roottorin päätykäämitysten synnyttämän hajamagneettivuon sulkeutumistienä ja estää pyörrevirtojen syntymisen massiiviseen puristusrenkaaseen.

Hajakenttärengasta jäähdytetään sektoreittain 21:llä jäähdytyssilmukalla. Yhdessä näistä silmuksista oli vuoto.



Staattorin päätyosien rakenne

Vian paikallistamisen jälkeen suoritettiin väliaikainen korjaus ja viallinen jäähdytyspiiri ohitettiin. Laitos saatiin nopeasti suoritettun korjauksen jälkeen verkkoon maanantaina 22.4.

Hajakenttärenkaan jäähdytysputken katkeamisen syyksi on todettu, että putken läpi kulkenut sähkövirta on aiheuttanut ylikuumenemisen ja osittaista hitsautumista painerengasta vasten, mikä on heikentänyt putken mekaanista lujuutta. Putkeen kohdistunut värinä aiheutti katkeamisen.

Revisiossa suoritettiin lopullinen korjaus, jolloin hajakenttärenkaan vioittuneen osan luoksepäästävään ulkopintaan asennettiin erillinen jäähdytyssilmukka. Lisäksi renkaan toisiin jäähdytysputkiin asennettiin eristepala virtatien katkaisemiseksi.

Korjausta edelsivät TVO:n ja generaattorin valmistajan ASEA-GENERATIONIN laajat tutkimukset ja selvitykset ennenkuin ko. ratkaisuun päädyttiin. Ongelma-alueita olivat mm. vian syyn selvittäminen, jäähdytyspiirin korkeapaine (15 bar), ko. renkaan sijainti voimakkaassa magneettikentässä, lämmönjohto-ominaisuudet, kiinnitysongelmat, esiintyvät värinät ja jäähdytystarve. Korjaustoimet suoritettiin 3.5. alkaneen seisokin aikataulun puitteissa.

Korjauksen jälkeen generaattorin on todettu toimivan moitteettomasti.

NOKIA ELEKTRONIikka
Teollisuuselektroniikka

Kalle-J Korhonen
Projektipäällikkö

14.08.1985

NOKIALTA KOULUTUSSIMULAATTORIOHJELMISTO UNKARIIN

Johdanto

Unkarilainen ulkomaankauppayhtymä Transelektro on tilannut Nokia Elektroniikalta täysmittakaavaisen koulutussimulaattorin ohjelmiston PAKS-ydinvoimalaitoksen koulutuskeskukseen Unkariin rakennettavaa simulaattoria varten. Koulutussimulaattorin valvomo on lähes täydellinen kopio PAKSin ydinvoimalaitokselle rakennettavan kolmannen yksikön päävalvomosta. Koulutussimulaattoria tullaan käyttämään kahden jo käytössä olevan ja kolmannen rakenteilla olevan yksikön kertauskoulutukseen ja jatkossa rakennettavien viiden yksikön operaattorien alku- ja kertauskoulutukseen.

PAKSin laitoksen ominaispiirteet

PAKSin voimalaitosyksiköt perustuvat VVER-440 reaktoreihin ja ovat Loviisan yksikön sisarlaitoksia, niinpä laitoksen teknologinen prosessi on pääpiirteissään Loviisan ydinvoimalaitoksen kaltainen. Oleellisimmat erot ovat laitoksen automaatiojärjestelmässä ja valvomototeutuksessa.

PAKSin voimalaitosten automaatioaste verrattuna Loviisan voimalaitokseen on alhaisempi. Toimintaryhmäautomaatiikkoja ei ole, vaan päävalvomosta suoritetaan prosessin ohjaukset manuaalisesti ja suurin osa venttiiliohjauksista tehdään valintaryhmien kautta. Operaattorin apuna prosessin valvonnassa on unkarilaisten omaa toimitusta oleva, pitkälle kehitetty laitostietokonejärjestelmä kuvaruutunäyttöineen, hälytys- ja raportointikirjoittimineen. Operaattori voi mm. kutsua 82 erilaista prosessikaavionäyttöä kuvaputkelle.

Simulaattorin toteutus

Simulaattorin toteutus tapahtuu yhteistyössä unkarilaisen tilaajan kanssa siten, että Nokian vastuulla on simulointi- ja kommunikointiohjelmiston suunnittelu ja toteutus ja tilaajan vastuulla on laitostietokoneen ohjelmiston suunnittelu ja toteutus. Simulaattorin ohjelmiston kehittämiseksi Nokia elektroniikassa on perustettu PAKS-simulaattoriprojekti. Projekti on jaettu seuraaviin vaiheisiin:

- esivalmistelu
- toiminnallinen spesifiointi
- tekninen suunnittelu
- ohjelmointi ja testaus
- osajärjestelmien integrointi ja testaus
- kokonaisjärjestelmän integrointi ja testaus
- hyväksymistestit

Projekti jakautuu kahteen osatoimitukseen, joista ensimmäinen sisältää toiminnallisen spesifikaation ja teknisen suunnittelun ja jälkimmäinen ohjelmistototeutuksesta aina koko simulaattorin lopullisiin hyväksymistesteihin saakka.

Toiminnallinen määrittely tehtiin yhdessä asiakkaan edustajien kanssa Suomessa team-työnä. Työn aikana käytiin läpi voimalaitoksen prosessi-, sähkö- ja automaatiojärjestelmät, valvomolaitteet ja kojeet, laitostietokonejärjestelmän toiminnot ja liitännät eri järjestelmien välillä. Toiminnallisen määrittelyn yhteydessä asiakkaalle toimitettiin myös yksityiskohtainen laitosdata-
pyyntö.

Keväällä 85 aloitettiin ohjelmiston tekninen suunnittelu, mikä koostuu järjestelmä-, osajärjestelmä- ja ohjelmistotason suunnittelusta. Suunnittelu valmistuu ensi marraskuussa. Teknillisen suunnitteluvaiheen lopuksi suoritetaan lyhyt demonstraation tyyppinen hyväksymistesti käyttäen Loviisan simulaattoritoimituksen yhteydessä kehitettyjä VVER-440 laitoksen päämalleja.

Vuoden 1986 alussa alkaa kaikkien osajärjestelmien ohjelmointi ja testaus. Testaus yhdessä unkarilaisten toimitetaman laitteiston kanssa aloitetaan syksyllä 1986. Simulaattorin ohjelmisto integroidaan ja testataan kokonaisuutena Nokian tiloissa ja luovutetaan asiakkaan käyttöön kuljetusta ja uudelleen asennusta varten vuoden 1987 lopulla, jolloin projekti päättyy.

Simulaattorin laajuus

Toiminnallisen määrittelyn aikana määriteltiin simulaattorin toiminnot ja prosessin, sähköjärjestelmien ja automaatiojärjestelmien simuloinnin laajuus. Pääperiaatteena oli, että kaikki Faksin voimalaitoksen päävalvomosta ohjattavat prosessit simuloidaan.

Simuloinnin laajuutta kuvaa mm. prosessin simuloitavien erilliskomponenttien ja laitostietokoneelle saatavan informaation määrä. Paksin simulaattorin valvomosta voidaan ohjata

- 1450 venttiiliä
- 135 pumppua
- 120 säätöpiiriä
- 450 kytkintä

Valvomo-ohjausten lisäksi opettajan päätteeltä voidaan ohjata mm.

- 200 venttiiliä
- 15 pumppua
- 330 kytkintä.

Prosessista lasketaan lisäksi 83 lämmönvaihdinta ja 3200 analogiamittausarvoa. Sähköjärjestelmistä simuloidaan mm. 250 kiskoa ja 20 muuntajaa. Automatiikoista simuloidaan 1260 lukitusta ja suojausta. Laitostietokoneelle siirretään

- 1480 analogiamittausta
- 736 reaktorimittausta
- 1500 binääritietoa
- 600 keskeytystietoa
- 148 säätösauvan asentotietoa

Ohjelmiston laadun varmistus

Simulaattorin ohjelmiston toteutuksessa pätee sanonta hyvin suunniteltu on lähes kokonaan tehty. Niinpä systeemin osajärjestelmä- ja ohjelmistosuunnitteluun on projektissa kiinnitetty erityistä huomiota. Ennenkuin varsinainen ohjelmointi aloitetaan tehdään suunnittelutyö kaikilta osin valmiiksi ja dokumentoidaan se. Kunkin projektin vaiheen tuloksena on vaihetuote tai vaihetuotteita, jotka tarkistetaan, katselmoidaan ja hyväksytään katselmointikokouksissa. Kutakin vaihetuotetta seurataan koko projektin ajan ja siten, että kaikki muutokset jo katselmoituun tuotteeseen ohjataan katselmointimenettelyn kautta. Tätä menettelyä käyttäen projektin aikana ja sen päättyessä vaihetuotteet kuten toiminnallinen määrittely, suunnittelu- ja ohjelmistodokumentit ovat ajan tasalla ja mitään erillistä dokumentointijaksoa ei tarvita.

Simulaattorin tekniset ominaisuudet

PAKSin koulutussimulaattorin ohjaus tapahtuu opettajanjärjestelmän avulla, joka sisältää mm. seuraavat toiminnot:

- opetuksen aloitus ja lopetus
- simuloinnin käynnistys/pysäytys
- tilantallennus/tilan palautus
- tilan automaattinen tallennus ja palautus
- virhetilanteiden ohjaus
- paikallisten ohjausten toteutus
- parametrien asetus
- operaattorin toimintojen kirjaus ja raportointi
- muuttujien ajoaikainen seuranta
- operaattorin toimintojen analysointi

Kouluttajalla on näiden toimintojen toteuttamiseksi käytössään kaksi päätettä, joista toiseen on liitetty toimintapainikkeisto.

Prosessin simuloinnissa käytetään Nokian aikaisemmin kehittämiä malliohjelmia ja osittain täysin uutta ohjelmistoa. Peruseriaatteena on käyttää ja edelleen kehittää keskitettyjä mallintamismenetelmiä, joiden edut tulivat esille jo aikaisemmissa simulaattoriprojekteissa. Näitä mallintamisvälineitä käytettäessä soveltajalta ei vaadita erityistä mallintamiskokemusta ja tärkein edellytys mallintamistyön onnistumiselle on laitostuntemus. Tällaisia simuloinnin apuvälineitä ovat THLE, ELNET, ALPS. THLE on putkistoverkkojen määrittely- ja simulointiohjelmi-
misto, jonka avulla suurin osa primääri- ja sekundääri-
piirin putkistoverkoista simuloidaan.

ELNET on koulutussimulaattorin sähköverkostojen määrittelyyn ja simulointiin kehitetty ohjelmisto, jonka avulla PAKSin pääsähköverkko ja omakäyttöverkko simuloidaan.

Voimalaitoksen lukitukset, suojaukset ja automatiikat ohjelmoidaan käyttäen ALPS-tulkkia, joka muuntaa tietyin kielioppisäännöin tehdystä tiedostosta tietokoneen hyväksymää koodia.

Yhteenveto

PAKS simulaattorin ohjelmiston toteutusprojekti on ensimmäinen laajamittainen Nokian ja unkarilaisen kauppayhtymän välinen yhteistyöprojekti simulaattorialueella. Projektin tuloksena syntyvää ohjelmistoltaan ja muilta teknisiltä ominaisuuksiltaan uudenaikaista täysmittakaavaista koulutussimulaattoria tullaan käyttämään PAKSin voimalaitoksen operaattorien koulutukseen.

SÄTEILYTURVAKESKUS - VIRANOMAINEN JA ASIANTUNTIJA

Säteilyturvakeskuksen toimintaa esittelevä sarja jatkuu. ATS:n numerossa 2/1985 esiteltiin ydinturvallisuusosaston toimintaa. Nyt esittelyvuorossa on säteilyturvakeskuksen tarkastusosasto.

TARKASTUSOSASTO

Tarkastusosaston tehtävänä on valvoa ionisoivan säteilyn hyväksikäytön turvallisuutta, tehdä valvonnan kannalta tarpeellista tutkimusta ja säteilyn annosmittausta sekä ylläpitää säteilyn mittanormaaleja. Tarkastusosasto toimii asiantuntijana myös ionisoimattoman säteilyn valvontaa koskevissa kysymyksissä sekä valmistelee säännöstöä ja normistoa lakisäätöisen valvonnan järjestämistä varten. Esitys ionisoimattoman säteilyn valvonnan liittämiseksi säteilysuojelulainsäädännön piiriin on eduskunnan käsiteltävänä.

Alan lainsäädännön lisäksi säteilysuojelussa sovelletaan Suomen hyväksymiä kansainvälisen työjärjestön (ILO) määräyksiä ja käytetään hyväksi muiden kansainvälisten järjestöjen (IAEA, ICRP, IEC) suosituksia ja standardeja. Päämääränä on, että säteilyn hyväksikäytöstä työntekijöille, potilaille ja muulle väestölle mahdollisesti aiheutuvat haittavaikutukset tulevat estetyksi tai ainakin rajoitetuksi tasolle, jota voidaan säteilyn käytöllä saavutettuun hyötyyn nähden pitää hyväksyttävänä. Säteilyn käytön turvallisuutta arvioitaessa kiinnitetään erityistä huomiota myös onnettomuuksien ennalta ehkäisemiseen ja valmiuteen toimia mahdollisessa onnettomuustilanteessa.

Tarkastusosasto osallistuu myös säteilyä käyttävän henkilökunnan kouluttamiseen säteilysuojelukysymyksissä. Tästä

esimerkkinä ovat säteilyä lääkinällisesti käyttävälle henkilöstölle yhteistyössä Suomen Radiologiyhdistyksen kanssa vuosittain järjestettävät Sädeturvapäivät.

Tarkastusosastolla työskentelee 44 henkilöä.

Valvontajärjestelmä

Ionisoivan säteilyn käyttö edellyttää säteilysuojauslain mukaista turvallisuuslupaa. Lupa vaaditaan myös radioaktiivisten aineiden tuontia, vientiä, kauppaa ja kuljetusta sekä säteilylaitteiden asennusta ja koekäyttöä varten. Luvat säteilyn muuhun kuin lääkinälliseen käyttöön myöntää säteilyturvakeskus. Lääkinällistä käyttöä varten luvat myöntää lääkintöhallitus säteilyturvakeskuksen lausunnon perusteella. Voimassa olevia turvallisuuslupia oli vuoden 1984 lopussa 4 223.

Turvallisuuslupia ja lupalausuntoja valmisteltaessa tehdään yksityiskohtainen turvallisuusarviointi toiminnasta, jolle lupaa haetaan. Lupamenettelyn lisäksi turvallisuusvalvontaa toteutetaan katsastamalla määrävälein toimintaa ja laitteita käyttöpaikoilla. Luvanhaltijoilla on lakisääteinen velvollisuus ilmoittaa muutoksista säteilyn käytössä, sekä radioaktiivisten aineiden tuonnista, viennistä ja kaupasta. Eräät säteilyä lähettävät laitteet tai säteilylähteet voidaan niille tehdyn tyyppikohtaisen tarkastuksen perusteella vapauttaa käyttöpaikalla tehtävästä katsastuksesta. Tarkastusosasto valvoo ja koordinoi myös käyttäjien suorittamaa laadunvalvontaa. Tarvittaessa laadunvalvonta asetetaan erityiseksi lupaehdoksi.

Säteilyn käytön turvallisuudesta käyttöpaikoilla vastaavat luvassa hyväksytyt säteilysuojauskuulustelun suorittaneet ja toimintaan pätevoityneet henkilöt.

Säteilylaitteet ja radioaktiiviset aineet

Röntgentutkimuslaitteet muodostavat terveydenhuollossa käytettävien säteilylaitteiden suurimman ryhmän. Röntgenlaitteita käytetään myös moniin teollisuuden, tutkimuksen ja opetuksen tarpeisiin. Potilaiden ja henkilökunnan säteilyaltistuksen minimoimiseksi toimintaa ja laadunvalvonnan toteutumista seurataan mm. 2 - 8 vuoden välein toistettavin uusintakatsastuksin.

Sädehoidolta edellytetään korkeata säteilyturvallisuuustasoa mm. annostarkkuuden ja laitteiden toimintakunnon suhteen. Tarkastusosasto tarkastaa sädehoitoon käytettävät kiihdyttimet, kobolttikanuunat ja röntgenhoitokoneet sekä laatii niille uudet annostaulukot vähintään kerran kahdessa vuodessa. Lisäksi sairaalafyysikot tarkastavat annostaulukot hoitolaitoksen omalla mittauskalustolla. Näin toteutuu kansainvälisiin turvallisuusstandardeihin sisältyvä toisistaan riippumattomien vertailumittausten vaatimus. Viime vuosina sädehoitolaitoksiin on järjestetty tarkastusosaston koordinoima sädehoitolaitteiden tekninen laadunvalvonta.

Teollisuudessa lukumääräisesti suurimman valvottavien säteilylaitteiden ryhmän muodostavat erilaiset prosessintarkkailussa käytettävät suljetun säteilylähteen sisältävät pinnankorkeus-, tiheys- ja kosteusmittarit. Säteilysteriloinnissa ja säteilyn muussa prosessikäytössä, esim. säteilypolymeroinnissa, tarvittavat annosnopeudet ovat suuria, mikä asettaa erityiset vaatimukset teknisille ja toiminnallisille järjestelyille. Valvonta kohdistuu sekä turvallisuuden kannalta tärkeisiin laitteisiin ja rakenteisiin, että käyttöorganisaation ja -henkilöstön pätevyyteen. Myös teollisuuden radiografiassa käyttöhenkilöstön koulutus on tärkeä, koska laitteita joudutaan käyttämään avoimesti asennettuina.

Radioisotooppeja avolähteinä käyttävistä laboratorioista noin puolet on sairaaloissa. Radioisotooppien käyttö lisääntyy jatkuvasti. Vuosittain tehdään yli 85 000 radio-

isotooppitutkimusta ja annetaan noin 1 800 isotooppihoitoa. Avolähteitä käytetään myös korkeakoulujen ja muiden tutkimuslaitosten laboratorioissa sekä mm. erilaisissa teollisuuden merkkiainekokeissa. Avolähteet muodostavat täten säteilyvalvonnan kannalta merkittävän kohderyhmän.

Jos laitteen synnyttämän tai lähettämän ionisoivan säteilyn määrä on vähäinen, laite voidaan vapauttaa turvallisuusluvasta. Tällaisia tyyppikatsastuksen perusteella kulutukseen hyväksytyjä laitteita ovat esim. televisiot, näyttöpäätteet, itsevalaisevaa ainetta sisältävät kellot ja kompassit sekä kotien palovaroittimet. Näitä laitteita katsastettaessa otetaan yleensä huomioon, paitsi säteilysuojuslain säädännön asettamat vaatimukset, myös ao. kansainväliset (lähinnä OECD/NEA) suositukset.

Säteilyannokset

Tarkastusosasto valvoo säteilytyöntekijöiden altistusta ionisoivalle säteilylle. Ulkoisen säteilyaltistuksen seuraamiseksi työntekijöillä on työn kestäessä jatkuvasti käytettävät henkilökohtaiset annosmittarit.

Säteilyannosten valvontaa varten osasto ylläpitää valtakunnallista säteilytyöntekijä- ja henkilöannosrekisteriä, johon henkilökohtaiset säteilyannokset kirjataan. Rekisterissä on noin 8 500 vakituista työntekijää sekä noin 1 200 ydinvoimalaitosten tilapäistä korjaus- ja huoltohenkilöä.

Tarkastusosasto ylläpitää myös henkilöannosten mittauspalvelua, jota käyttävät ydinlaitoksia lukuun ottamatta muut säteilypaikat Suomessa.

Mittanormaalien ylläpito

Mittanormaalien ylläpidolla pyritään siihen, että ionisoivan säteilyn mittaukset Suomessa ovat tarkkuusvaatimukset täyttäviä ja kansainvälisesti vertailukelpoisia. Säteily-

turvakeskuksen mittanormaali-laboratorio on kansainvälisen sekundaarimittanormaali-laboratorioiden verkon jäsen. Tärkeä merkitys mittanormaali-toiminnalla on sädehoidolle, jossa annoksen mittaukselta vaaditaan suurin tarkkuus. Tämän vuoksi laboratorion tutkimus- ja kehitystyö on suunnattu sädehoidon sektorille. Palveluna laboratoriossa kalibroidaan säteilyn annosmittareita sekä säteilytetään passiivisia dosimetreja ja biologisia näytteitä. Myös säteilymittareiden tyyppiominaisuuksia testataan sekä annetaan neuvontaa ja koulutusta ionisoivan säteilyn mittaustekniikassa.

Ionisoimaton sähkömagneettinen säteily

Ionisoimattomaan säteilyyn kuuluvat mm. optinen ja radiotaajuinen säteily mikroaallot mukaan lukien. Optista säteilyä lähettävät mm. solariumit, UV-lamput, ja laserit. Sitä syntyy myös hitsattaessa ja sulatettaessa metalleja. Radio- ja televisiolähettimien lisäksi radiotaajuista säteilyä tuottavat esim. mikroaaltouunit, tutkat, syvälämpöhoitolaitteet ja RF-kuumentimet. Pientaajuisia sähkömagneettisia kenttiä tuottavat myös näyttöpäätteet, 50 Hz-sähköverkko ja NMR-diagnostiikka.

Valvonnan kehittämisen kannalta tärkeä on yhteistyö muiden asiantuntijaorganisaatioiden ja viranomaisten, erityisesti työsuojeluhallituksen kanssa. Tässä vaiheessa huomattava osa säteilyturvakeskuksen toiminnasta kohdistuu ohjeiden ja normiston valmisteluun lakisääteisen valvonnan järjestämistä varten. Säteilymittauksia tehdään esim. ULA- ja TV-asevilla esiintyvälle radiotaajuiselle säteilylle. Laitteiden säteilyturvallisuudesta annetaan lausuntoja.

Tutkimukset ja laitekoetukset

Ihmisen potilaana saaman säteilyannoksen optimointi ja minimointi ovat tarkastusosaston suorittaman tutkimus- ja selvitystyön päätavoitteita. Esimerkkinä tutkimuskohteista voidaan mainita mm. diagnostisista potilasannoksista peräisin olevan väestöannoksen selvittäminen. Yksittäisistä

laiteryhmistä tutkimuksien kohteina ovat olleet mm. pienoiskuvaus-, mammografia- ja kuvanvahvistin-televisiolaitteistot. Näiden tutkimusten tavoitteena on ollut luoda perusteet laitteiden suorituskyvylle ja käytönaikaiselle laadunvalvonnalle asetettaville vaatimuksille. Potilas-turvallisuuden parantamiseen tähtäävät myös lääketieteellisissä tutkimuksissa saatavan kuvainformaation ja säteilyannoksen välisen suhteen optimointitutkimukset. Sädehoidon tarkkuuden ja osuvuuden parantamiseksi tutkitaan hoitolaitteiden säteilykenttien ominaisuuksia ja mittausmenetelmiä.

Ionisoimattoman säteilyn alalla pääosa tutkimuksesta on ollut mittausteknisten kysymysten selvittämistä.

Säteilyturvakeskus on osallistunut myös monien kansainvälisten järjestöjen tutkimusohjelmiin. Näistä voidaan mainita mm. Kansainvälisen Atomienergiajärjestön (IAEA) sädehoidon annosmittaukseen sekä Maailman Terveysjärjestön (WHO) gammakameroiden laadunvalvontaan liittyvät tutkimusohjelmat.

Tuloksia hyödynnetään määriteltäessä laitteille asetettavia vaatimuksia ja muussa valvontatyössä ALARA-periaatteen (as low as reasonably achievable) mukaisesti tarkoituksella pitää (potilas)annokset niin pieninä kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista.

Pienille röntgenlaitteille, esim. hammasröntgenlaitteet, sekä kulutustavaroille tehtävät tyyppitarkastukset ovat olleet pääosa laitekoetustoiminnasta. Palvelutoimintana tehdään pääasiallisesti röntgenlaitteiden vastaanottotarkastuksia ja kuvanvahvistin-televisioketjulaitteiden toimintakuntoa koskevia selvityksiä, mutta myös muita palvelututkimuksia.

Julkaisutoiminta

Säteilyturvakeskus julkaisee säteilyn hyväksikäytön turvallisuusvalvonnan periaatteita ja vaatimustasoa kuvaavia ns. SS-ohjeita. Tutkimustulokset raportoidaan säteilyturvakeskuksen julkaisusarjoissa ja kansainvälisissä teollisissa lehdissä.

Muut tehtävät

Säteilyturvakeskus ottaa osaa alansa standardien valmisteluun kansainvälisten standardisointijärjestöjen kanssa sekä valmistelee mm. kuljetusmääräyksiä yhteistyössä muiden kuljetuksia järjestävien tai valvovien tahojen kanssa. Suurehko viimeaikainen tehtävä on ollut säteilyturvallisuutta koskevan sanaston valmistelu.

Klaus Sjöblom

USERS - YDINVOIMALAITOSTEN KÄYTTÖKOKEMUSTEN RAPORTOINTI- JÄRJESTELMÄ

Osana ydinvoimalaitosten tuotekehittelyä Ranskassa on jo pitkään koottu järjestelmällisesti raportteja sikkalaisilla ydinvoimalaitoksilla esiintyneistä tapahtumista. Käytäntö on osoittautunut hyödylliseksi ja niinpä UNIPEDE on perustanut samantyyppisen järjestelmän, joka kattaisi koko Länsi-Euroopan ja Japanin. Tähän USERSiin (UNIPEDE Significant Events Reporting System) ovat liittyneet Ranska, Belgia, Iso-Britannia, Italia, Espanja, Sveitsi, Alankomaat, Ruotsi, Saksan liittotasavalta ja Japani. Suomi on seurannut järjestelmän perustamista, mutta toistaiseksi Suomi on ainoa eurooppalainen ei-sosialistinen ydinvoimaa käyttävä maa, joka ei ole liittynyt USERSiin.

TOIMINTAPERIAATE

USERS on lähinnä voimayhtiöiden välinen järjestelmä. Viranomaiset ja laitostoimittajat saavat tietoja vain raporttoijan luvalla.

Sekä turvallisuuteen liittyviä tapahtumia että myös käytettävyyteen vaikuttavia tilanteita raportoidaan, suurin piirtein yhtä paljon kumpikin. Raportointikriteerit on laadittu siten, että vuosittain noin 20 tapahtumaa/reaktori, mm. kaikki yli 3 vrk seisokit raporttoitaisiin. USERSia on verrattu muihin ydinvoimalaitosten käyttökokemuksia välittäviin järjestelmiin taulukossa 1.

Tiedot raportoidaan englanniksi ATK-päätteiden avulla; samalla tämä "sähköinen posti" yhdistää eri maiden ydinvoiman käyttäjät. Raportointiaika on 1...2 viikkoa. Kuitenkin raportteja voidaan myöhemmin täydentää, esim. tarkemman selvityksen valmistuttua. Raportit luokitellaan useiden yksityiskohtaisten kriteerien perusteella, mikä mahdollistaa myöhemmät aihekohtaiset haut tietopankista. Tapahtumien analysointi ja toimenpidesuositusten esittäminen jäävät raporttoijien ja raporttien käyttäjien aktiivisuuden varaan.

ORGANISAATIO

UNIPEDEN ylimpänä elimenä toimii Directing Committee, jossa Suomea edustaa Sähkölaitosyhdistyksen kautta Klaus Ahlstedt (IVO) ja Manu Muukkonen (SLY). USERSin toimintaa valvovat Steering Committee ja Executive Commission, jotka koostuvat USERSin jäsenmaiden edustajista. Steering Committee johtaa järjestelmää hallinnollisesti ja taloudellisesti. Executive Commission on toimeenpaneva elin, joka raportoi Steering Committeelle. Tarvittaessa voidaan perustaa asiantuntijaryhmiä, Ad hoc Committee. Yksi tällainen ryhmä on jo toiminut; Technical Committee on suunnitellut raporttien sisältöä ja luokittelua sekä tietokoneyhteyksiä. Bjarne Regnell (IVO) ja Klaus Sjöblom (IVO) ovat osallistuneet Technical Committeeen ja Executive Commissionin toimintaan. USERSin organisaatioon on palkattu yksi täyspäiväinen insinööri, Bo Kjellqvist Ruotsista, jonka asemapaikka on UNIPEDEN toimisto Pariisissa.

Kukin jäsenmaa esiintyy yhtenä osapuolena USERSin suhteen; kustannusten jaosta sekä raportointityön ja analysoinnin suorittamisesta ym. kukin jäsenmaa sopii sisäisesti. Esim. ruotsalaisia voimayhtiöitä edustaa Rådet för Kärnkraftsäkerhet (RKS).

KUSTANNUKSET

USERSin jäsenyyden aiheuttamat kustannukset koostuvat liittymismaksusta, vuosimaksusta sekä työ- ja matkakustannuksista. Omien tapahtumien raportoinnin lisäksi työtä aiheutuu lukuisten raporttien käsittelystä, josta järjestelmän tarjoama käytännön hyöty huomattavasti riippuu. RKS on arvioinut USERSiin liittyvien tehtävien vaativuuden osalta alussa yhden insinöörin työpanoksen, myöhemmin puolet tästä.

KÄYTTÖKOKEMUSTEN SEURANTA SUOMESSA

TVO, IVO, VTT ja STUK ovat muodostaneet ryhmän (YSR), joka laatii selvityksiä kansainvälisten ydinvoimalaitostapahtumien perusteella. Lähdemateriaalina käytetään pääasiassa OECD:n NEA/IRS -raportteja sekä ANRC:n Nuclear Power Events yhteenvetoja. Molemmat voimayhtiöt saavat lisäksi Nuclear Power Experience (NPE) raportit. Loviisan voimalaitos vaihtaa säännöllisesti delegaatioita neljän muun VVER-440 -voimalaitoksen kanssa ja on myös mukana NOMIS-järjestelmässä.

TVO puolestaan on mukana ruotsalaisten voimayhtiöiden perustamassa RKS:ssä (Rådet för kärnkraftsäkerhet), jonka ERF-järjestelmä (erfarenhetsåterföring) -järjestelmä muistuttaa amerikkalaista INPOa. INPOon emme toistaiseksi liittyneet, koska kustannuksia on pidetty liian korkeana saavutettavaan hyötyyn nähden. Kansainvälisiä ydinvoimatapahtumia raportoivia järjestelmiä on vertailtu taulukossa 1.

SOVELTUVUUS SUOMALAISILLE VOIMAYHTIÖILLE

Jo yksikin vältetty tai lyhennetty seisokki riittää perustelemaan USERSiin osallistumiskustannukset, mutta tätä hyötyä on etukäteen vaikeata arvioida. Nykyään suomalaiset ydinvoiman käyttäjät saavat tietoonsa ulkomaisia käyttökokemuksia verraten laajalti ja, tietopankeissa on tapahtumia jo tuhansilta reaktorivuosilta. Tässä vaiheessa kokemusten seulonta, luokittelu, analysointi sekä johtopäätökset ja niiden jakelu oikeille henkilöille ovat avain tiedonvälityksen laadulliseen edistämiseen. Näiden toimintojen järjestely tulee suunnitella harkittaessa mahdollista liittymistä uusiin järjestelmiin kuten USERSiin.. Osallistumisella kansainväliseen kokemusten vaihtoon on jo sinänsä oma itseisarvonsa.

Yleisin liittymistapa USERSiin on ollut maakohtainen, joskin Loviisa tai Olkiluoto voisi osallistua USERSiin myös yksinään, maksu olisi kuitenkin sama kuin molempien osallistuessa. Jos tiedot välitetään toiselle voimalaitokselle, on myös sieltä laadittava raportteja.

Yksi mahdollisuus olisi se, että RKS edustaisi suomalaista osapuolta USERSiin päin. Tällöin kuitenkin Suomen olisi maksettava täysi osallistumismaksu USERSille sekä kohtuullinen korvaus RKS:lle sen käyttämästä työpanoksesta.

Jos Suomi päättää liittyä USERSiin myöhemmin, olemme velvollisia laatimaan raportit myös kolmen edeltävän vuoden tapahtumista, ei kuitenkaan tapahtumista ennen 1.1.1984.

Suomi on seurannut USERSin perustamista tarkkailijana; USERSille on ilmoitettu, että toistaiseksi emme siihen osallistu. Mikäli osallistumista kansainväliseen kokemusten vaihtoon halutaan laajentaa, olisi aloitteen tultava ensisijaisesti ydinvoimalaitosten käyttöorganisaatioista.

Taulukko 1. YDINVOIMALAITOSTAPAHTUMISTA RAPORTOIVA JÄRJESTELMÄ

Järjestelmä	USERS	INPO ¹⁾	IRS ²⁾	ERF	NPE
Ylläpitäjä	UNIPEDE	Voimahtiöt (USA)	OECD/NEA	RKS	Stoller
Raporttien määrä/ reaktorivuosi:					
- Turvallisuus	10	20	1	15	1
- Käytettävyys	10	-	-	5	-
Raportointiaika	1...2 vk	1...6 kk	4 kk	vrk...kk	1 kk
Analysointi	ei	kyllä	ei	vähän	ei
Muuta	Tietokone- yhteys	Auditit Kallis	IAEA laajentaa Itä-Euroop- paan	ASEA- Atomit	Halpa

1) Institute of Nuclear power operations

2) Incident Reporting System

23.7.1985

L. Mattila *

YDINENERGIAN TUTKIMUS- JA KEHITYSTYÖ USA:N VOIMAYHTIÖIDEN YHTEISESSÄ
TUTKIMUSLAITOKSESSA EPRISSÄ

EPRI, Electric Power Research Institute, on runsaan 500 amerikkalaisen voimayhtiön yhteinen non-profit-pohjalla toimiva tutkimuslaitos. Jäsenyhtiöt, joita on niin yksityisiä kuin julkisiakin, toimittavat n. 70 % USA:n koko sähköenergiasta. Tutkimus- ja kehitystyö käsittää kaikki sähköenergian muodot ja tuotannon lisäksi myös siirron ja käytön.

EPRI sijaitsee Palo Altossa Kaliforniassa, Silicon Valleyssa Stanfordin yliopiston maalla. Lähimpiä naapureita ovat mm. Hewlett-Packard-yhtiön pääkonttori ja Xeroxin tutkimuslaitokset. Kaiken kaikkiaan Silicon Valleyn alueella, joka ulottuu Palo Altosta etelään San Josehen asti, toimii yli 3 000 elektroniikka- ja tietotekniikka-alojen yritystä, lisäksi paljon muiden huipputekniikan alojen yrityksiä (avaruustekniikka, biotekniikka, ...). Ympäristö on siten mitä sopivin EPRIn tapaiselle laitokselle, joka teettää valtaosan työstä oman talon ulkopuolella. Erikoistuneisuutta lähes mihin tahansa osaamisen alueeseen löytyy.

EPRIn palveluksessa on n. 750 henkeä, joista puolella korkeakoulutason koulutus. Tutkimusbudjetti vuodelle 1985 on 311 M\$ ja laitoksen kokonaismenot n. 330 M\$. Käynnissä on parhaillaan n. 1 500 tutkimusprojektia. Toiminnan laajuus on tällä vuosikymmenellä ollut ollenaisesti ennallaan tai jopa laskenut, sillä käytettävissä olevien tulojen suuruus, joka määräytyy parin vuoden viiveellä jäsenten toimittaman sähkömäärän mukaan, ei ole kasvanut. Aivan viime vuosina tapahtunut nopea taloudellinen kasvu johtanee kuitenkin tulevana vuosina myös EPRIn toiminnan laajentumiseen.

TUTKIMUS KATTAA KAIKEN SÄHKÖENERGIAN TUOTANNON JA KÄYTÖN

Kuvasta 1 ilmenee EPRIn organisaatio. Varsinainen tutkimus tapahtuu kuudessa divisioonassa, joissa on kussakin useampi osasto. On syytä huomata myös itsenäinen, hyvin laaja Industry Relations & Information Services -ryhmä, jonka tehtävänä on pitää huoli siitä, että tutkimustyön tulokset todella saadaan siirrettyä jäsenien hyödynnettäväksi. Käytin itsekin osan ajastani perehtymiseen tähän aihepiiriin, joka on ymmärrettävästi hyvin keskeinen EPRIn tyyppiselle laitokselle, samoin VTT:lle! Tutkimustulosten siirron ohella toinen alue, jolla varmistetaan työn hyödyllisyys, on jäsenten ja myös eräiden muiden piirien hyvin monimuotoinen osallistuminen tutkimusohjelmien suunnitteluun.

— o —

* Lasse Mattila työskenteli vuoden EPRIssä päättyen lokakuussa 1984.

Taulukosta 1 ilmenee, miten tutkimusrahoitus kohdistetaan nyt ja lähivuosina eri divisioonille ja niiden tutkimusohjelmille. (Taulukossa on oletettu 5,5 % vuotuinen inflaatio.) Tähän asti Nuclear Power Division on ollut suurin (61 M\$ v. 1985), mutta lähivuosina Coal Combustion Systems -divisioonana kasvaa selvästi suurimmaksi. Taulukosta 1 nähdään myös, että divisioonille Energy Analysis & Environment (erityisesti Environmental Assessment -aihepiiri) ja Advanced Power Systems suunnitellaan hyvin voimakasta laajentumista. Tarkastelukauden 1985-1989 suurimpia yksittäisiä tutkimusohjelmia ovat Fluidized Combustion (127 M\$), Availability and Life Extension (konventionaaliset laitokset), Environmental Physics & Chemistry (erityisesti hapan sade), Clean Gaseous Fuels sekä Fuel Cells and Hydrogen Technology. Kuva 2 esittää tutkimusrahoituksen jakautumisen hiukan toisella tavalla eriteltynä, ja kuva 3 kertoo, miten nopeasti tutkimustulosten arvioidaan tuottavan konkreettista hyötyä jäsenille. Pitkän aikavälin, suuria riskejä sisältävään tutkimukseen suunnitellaan käytettävän n. 5 % resursseista, mikä on vähemmän kuin laitosta perustettaessa oli tarkoitus. Amerikkalaisten voimayhtiöiden tiukat ajat tällä vuosikymmenellä ovat johtaneet nopean hyödyntämisen korostamiseen.

YDINENERGIAN TUTKIMUS

Nuclear Power Divisionin osastojako ja osastojen tutkimusohjelmat (joista kukin käsittää yleensä lukuisia projekteja) ilmenevät kuvasta 4 ja liitteenä 1 on yleiskatsaus tutkimusohjelman sisällöstä kaudella 1985-1989.

Ydinenergian tutkimus- ja kehitystyön lähtökohdina olivat vuoden 1984 aikana seuraavat 7 teemaa:

- Parannetaan olemassa olevien laitosten käyttötaloutta.
- Rakenteilla olevat laitokset on saatettava valmiiksi ja otettava käyttöön.
- Keskeytetyt rakennustyöt on käynnistettävä uudelleen ja TMI-2-laitoksen siivous on saatettava loppuun.
- Kansallinen ydinjätteen huolto-ohjelma on toteutettava.
- Tulee selvittää kevytvesireaktoriteknologian tulevaisuudennäkymät USA:ssa. Tulevat laitokset (joiden tulee olla käytössä ennen ~ v. 2000) eivät voi poiketa ratkaisevasti nykyisistä, jotta vältettäisiin pitkällinen demonstraatiovaihe.
- LMFBR- ja HTGR-teknologian kehittämistä jatketaan (pitkäaikainen polttoaineen riittävyys, mahdollisuus prosessilämpöön).
- Pyritään saavuttamaan tieteellinen, tekninen, julkinen ja poliittinen hyväksyttävyys.

Taulukosta 1 nähdään, että voimavaroja aiotaan voimakkaasti lisätä alueille Plant Availability, Maintainability and Constructability, Low-Level Waste & Coolant Technology sekä Advanced Nuclear Generation. Selvää supistumista kaavailtaan vain alueella Source

Term, jonka noin vuosi sitten vallinneessa tilanteessa arveltiin tulevan onnellisesti selvitettyksi jo n. vuoden 1986 aikana. Viimeaikaiset tapahtumat viittaavat siihen, että ratkaisuun pääseminen vienee kuitenkin muutaman vuoden kauemmin. Fuels and Materials -aihepiirin tutkimus pysyy jatkuvasti laajana.

Kevytvesireaktoreiden tulevaisuudennäkymien osalta EPRIn suunnitelmat ovat nyt konkretisoituneet niin, että tämän vuoden alussa käynnistettiin vuoteen 1989 jatkuva, EPRI:lle n. 20 M\$ maksava "Advanced LWR Requirements" -selvitys. Tarkoitus on määrittellä, millaisia tulisi 1990-luvulla rakennettavien laitosten olla, jotta ne olisivat viranomaisten ja yleisön kannalta turvallisuusmielessä hyväksyttäviä ja samalla taloudellisesti kannattavia. Kuva 4 sisältää selvityksen aikataulun. Kustannusten säästöön pyritään lähinnä standardoinnilla ja modularisoinnilla sekä yksinkertaistamalla rakennetta ja järjestelmiä. Jossain määrin erillisenä kohteena selvitetään, päästäisiinkö modularisoinnilla myös siihen, että kannattava laitoskoko voisi olla selvästi nykyistä pienempi, luokkaa 600 MW. EPRIn lisäksi selvitykseen osallistuu, omallakin rahoituksellaan, monia muita tahoja, mm. NRC, reaktorien valmistajat, voimayhtiöitä jne. Tämän ohjelman valmistelussa on NRC:n ja teollisuuspiirien yhteistyö tiettävästi ollut ennennäkemättömän juohevaa.

UUSIMPIA TEKNIIKOITA JA TYÖKALUJA KOKEILLAAN

Oleskeluni alussa sain vaikutelman, että jokapäiväisessä työskentelyssä EPRI käytti varsin tavanomaisia tai suorastaan vanhentuneita työkaluja, mm. toimistossa lähinnä näppäiltiin IBM:n pallokoneilla ja EPRIn omat tietokonepalvelut olivat varsin vaatimattomat. Kävi ilmi, että tutkimushallinnon osalta ollaan valmistautumassa todelliseen suuraskelukseen: on tarkoitus, että muutaman vuoden sisällä kaikki (= sadat) projektipäälliköt siirtyvät käyttämään henkilökohtaista tietokonetta. Koekäyttöön tuli jo 24 kpl IBM:n PC/XT-laitteistoja varsin monipuolisesti varustettuna. Projektipäälliköiden hallinnollisen työtaakan helpottamisen lisäksi uudistuksen tavoitteena on myös integroida yksittäisten projektien hallinta laajemmin koko tutkimushallintoon. Koska kaikki EPRI:läisetkään eivät välittömästi usko uuden tekniikan mahdollisuuksiin, järjestettiin varsin mittava tiedotus- ja palautetilaisuuksien sarja. Katsottiin, että uudistuksen tulisi alusta asti olla rohkaiseva. "Porkkanoitakin" käytettiin: EPRIn PC-laitteistoja saa käyttää myös yksityisiin tarkoituksiin (mm. jokaiselle käyttäjälle tulisi ehdottoman yksityinen muistialue), laitteistot toimittava liike antoi alennuksia yksityisiin hankintoihin, perustettiin PC-klubi, jne.

Myös tekoälyn sovellukset olivat vahvasti esillä. Aiheesta järjestettiin mm. paripäiväinen seminaari. Osanottajien arviot tekoälyn hyödyllisyydestä olivat hyvin vaihtelevia, joskin oman kokemuksen määrä tuntui yleensä korreloivan myönteisen innostuksen kanssa. EPRIn "virallinen kanta" oli, että tekoäly on pitkällä aikavälillä hyvin lupaava aihe, mutta sovellusten tulo käytännön palvelukseen voi olla pitkän tien takana.

EPRI:N JA VTT:N YHTEISTYÖ MONIPUOLISTUU

VTT:n ja EPRI:n välillä on voimassa vuoteen 1986 jatkuva tietojen- vaihto- ja yhteistoimintasopimus. Sen perusteella tapahtuu lähinnä automaattista raporttien ja suunnitelmien vaihtoa. Minä olin ensimmäinen EPRI:ssä työskennellyt VTT-läinen. Parhailtaan neuvotellaan useidenkin EPRI:n kehittämien tietokoneohjelmien saamisesta VTT:lle. Aivan ratkaisuvaiheessa on myös VTT:n sekä IVO:n ja TVO:n osallistuminen EPRI:n johtamaan kansainväliseen Light Water Reactor Containment Aerosols (LACE) kokeelliseen projektiin, osana VTT:n Vakavien reaktorionnettomuuksien arviointi (VARA) -projektia.

Lähteitä: 1985-1989 Research & Development Program Plan, EPRI P-3930, January 1985

1984 Annual Report, Electric Power Research Institute

Nuclear Power: The Next Generation, EPRI Journal, March 1985

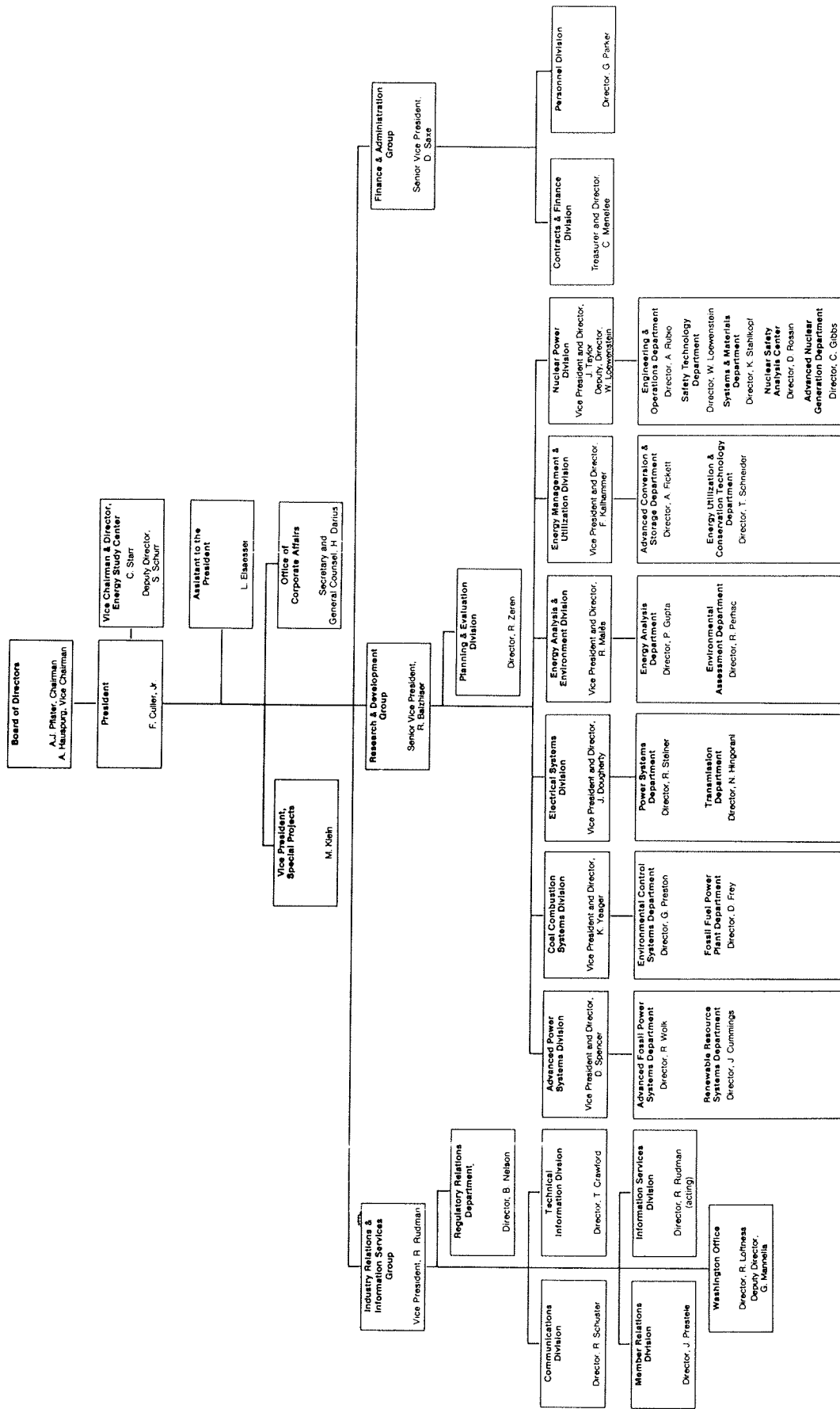
Taulukko 1

DATE: 12/11/84

EPRI RESEARCH AND DEVELOPMENT PROGRAM
SUMMARY OF PLANNED EXPENDITURES
(\$ In Millions)

PROGRAM	1985	1986	1987	1988	1989	TOTAL 85-89
Air Quality Control	9.1	9.5	10.1	11.3	14.0	54.0
Desulfurization Processes	5.1	6.5	9.3	9.4	11.9	42.2
Heat, Waste & Water Management	6.2	5.6	6.1	6.7	7.9	32.5
TOTAL- Environmental Control Systems	20.4	21.6	25.5	27.4	33.8	128.7
Availability & Life Extension	9.7	11.4	15.8	20.3	25.5	82.7
Performance and Advanced Technology	5.0	6.8	8.7	9.6	10.6	40.7
Fluidized Combustion	16.5	25.5	26.7	28.4	29.6	126.7
Fuel Quality	6.4	6.7	9.1	10.3	12.5	45.0
TOTAL- Fossil Fuel Power Plants	37.6	50.4	60.3	68.6	78.2	295.1
TOTAL- COAL COMBUSTION SYSTEMS	58.0	72.0	85.8	96.0	112.0	423.8
Risk Assessment	6.7	7.9	7.8	7.5	9.1	39.0
Source Term	5.9	5.0	3.2	2.3	1.7	18.1
Analytical Methods & Verification	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	24.0
Safety Control & Testing	7.5	7.5	8.0	8.5	8.0	39.5
Structural Integrity	8.0	7.5	9.0	9.5	10.5	44.5
Fuels & Materials	11.0	10.5	12.2	13.7	16.7	64.1
Plant Availability	4.0	5.0	6.6	9.1	9.9	34.6
Maintainability & Constructibility	1.5	2.0	2.7	5.0	10.8	22.0
Low-Level Waste & Coolant Technology	4.0	5.0	6.5	8.0	9.0	32.5
Advanced Nuclear Generation	5.4	7.3	8.5	11.5	15.0	47.7
Generic Safety Analysis	2.5	2.8	3.5	3.5	3.5	15.8
TOTAL- NUCLEAR POWER	61.0	65.0	73.0	83.6	99.2	381.8
Overhead Transmission Lines	6.3	5.9	6.9	7.6	8.9	35.6
Underground Transmission	4.4	5.0	5.3	6.5	7.7	28.9
Transmission Substations	10.6	12.3	12.3	12.2	14.1	61.5
TOTAL- Transmission	21.3	23.2	24.5	26.3	30.7	126.0
Power System Planning & Operations	7.2	6.7	5.1	7.0	8.3	34.3
Distribution	9.0	9.5	11.9	14.8	17.3	62.5
Plant Electrical Systems & Equipment	4.5	4.6	4.5	5.9	7.7	27.2
TOTAL- Power Systems	20.7	20.8	21.5	27.7	33.3	124.0
TOTAL- ELECTRICAL SYSTEMS	42.0	44.0	46.0	54.0	64.0	250.0
Environmental Physics & Chemistry	11.6	13.9	16.2	16.3	17.2	75.2
Ecological Studies	8.1	9.3	11.0	13.2	14.7	56.3
Health Studies	4.8	5.7	8.4	9.7	11.0	39.6
Risk Assessment & Management	3.8	4.2	5.0	5.5	6.6	25.1
TOTAL- Environmental Assessment	28.3	33.1	40.6	44.7	49.5	196.2
Demand and Conservation	3.2	3.8	5.0	5.5	6.2	23.7
Energy Resources	2.2	2.5	3.5	3.9	4.2	16.3
Integrated Utility Planning	1.3	1.6	1.9	1.9	2.1	8.8
TOTAL- Energy Analysis	6.7	7.9	10.4	11.3	12.5	48.8
TOTAL- ENERGY ANALYSIS & ENVIRONMENT	35.0	41.0	51.0	56.0	62.0	245.0
TOTAL- Engineering and Economic Evaluations	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	10.0
Clean Liquid and Solid Fuels	6.7	7.5	7.0	8.8	11.0	41.0
Clean Gaseous Fuels	9.5	10.0	14.7	18.2	23.2	75.6
Power Generation	6.8	6.5	9.3	11.0	13.8	47.4
TOTAL- Advanced Fossil Power Systems	23.0	24.0	31.0	38.0	48.0	164.0
Fusion Power Systems	1.0	1.0	1.3	1.5	1.5	6.3
Geothermal Power Systems	4.4	5.0	5.2	7.2	9.0	30.8
Solar Power Systems	4.6	7.0	7.5	9.3	13.5	41.9
TOTAL- Renewable Resources Systems	10.0	13.0	14.0	18.0	24.0	79.0
TOTAL- ADVANCED POWER SYSTEMS	35.0	39.0	47.0	58.0	74.0	253.0
Fuel Cells and Hydrogen Technology	9.6	18.6	17.4	20.4	15.6	81.6
Energy Storage & Hydroelectric Generation	10.4	10.5	12.2	13.4	13.2	59.7
TOTAL- Advanced Conversion & Storage	20.0	29.1	29.6	33.8	28.8	141.3
Residential & Commercial	6.0	7.0	9.0	9.6	9.6	41.2
Industrial	4.9	6.8	7.9	7.9	7.8	35.3
Electric Transportation	1.9	2.7	3.5	3.7	3.8	15.6
TOTAL- Energy Utilization & Conserv Tech	12.8	16.5	20.4	21.2	21.2	92.1
TOTAL- ENERGY MANAGEMENT & UTILIZATION	32.8	45.6	50.0	55.0	50.0	233.4
TOTAL- RESEARCH AND DEVELOPMENT STAFF	1.5	2.1	2.7	3.8	6.0	16.1
TOTAL- OTHER	2.3	2.3	2.5	2.6	2.8	12.5
TOTAL INSTITUTE PLANNED EXPENDITURES	267.6	311.0	358.0	409.0	470.0	1815.6

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE Institute Organization

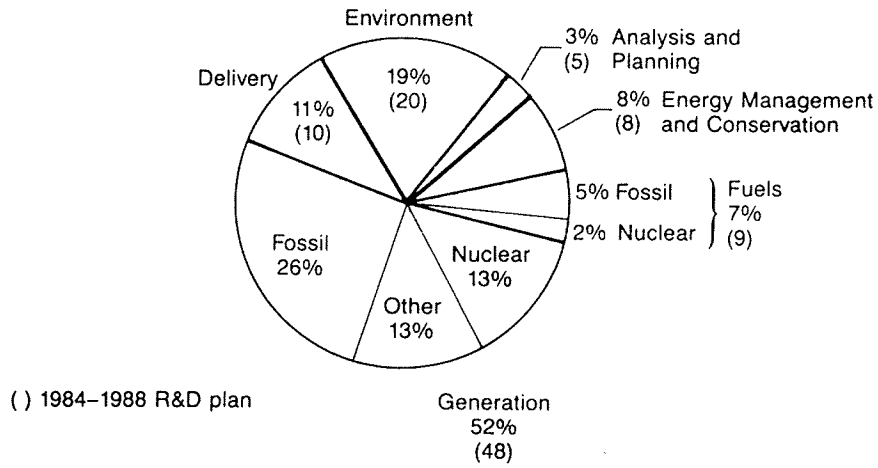


Floyd L. Culler

President

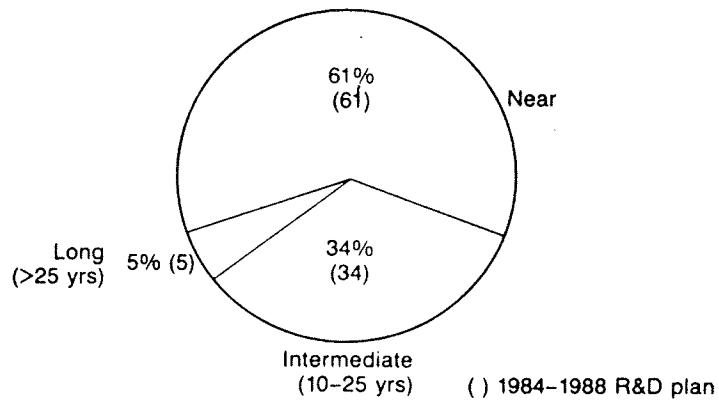
Kuva 2

**EPRI EXPENDITURES BY RESEARCH AREA
1985-1989 R&D Program Plan**

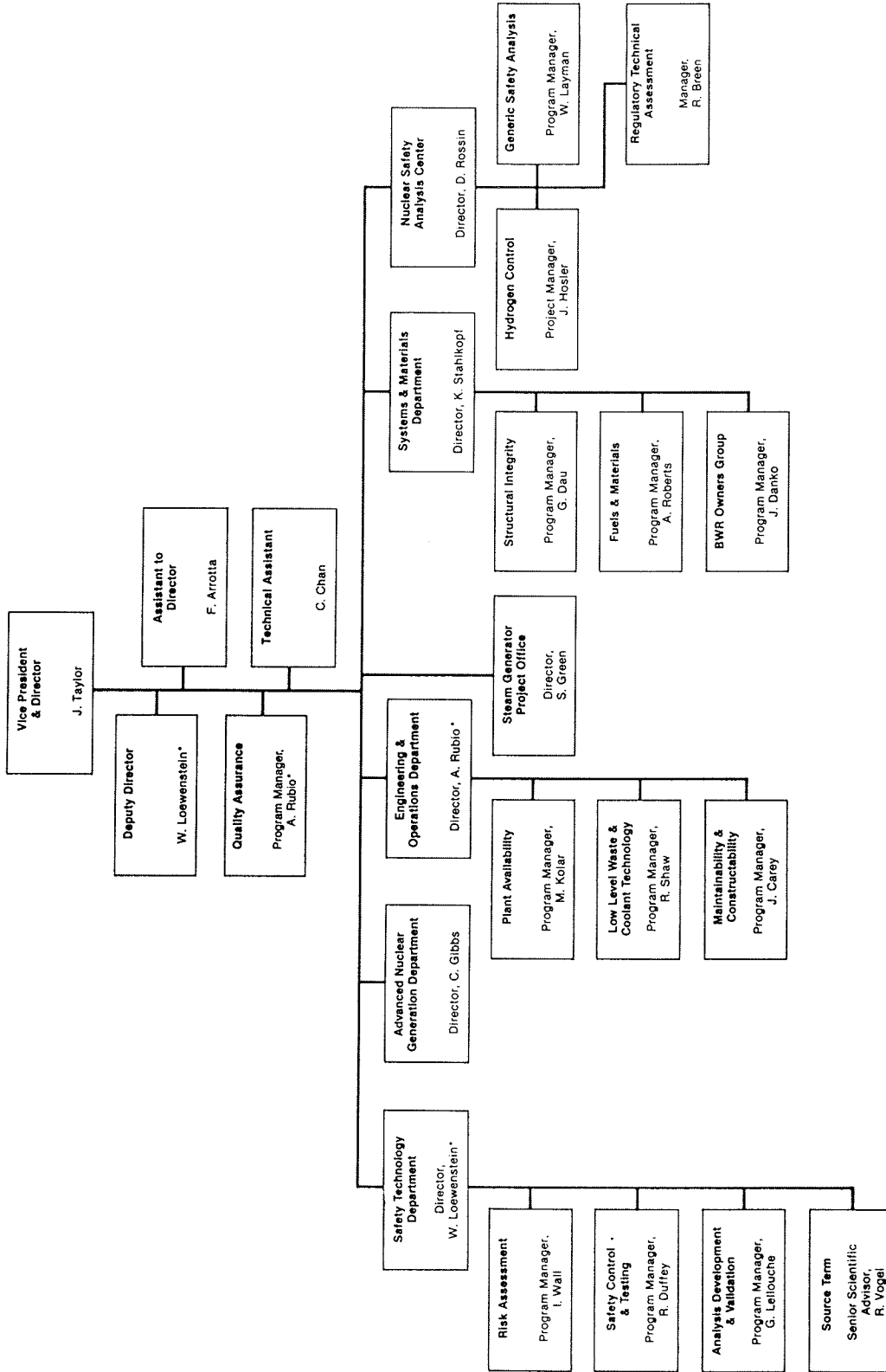


Kuva 3

**EPRI EXPENDITURES BY RESULTS TIME FRAME
1985-1989 R&D Program Plan**



ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE
Nuclear Power Division



*Dual capacity

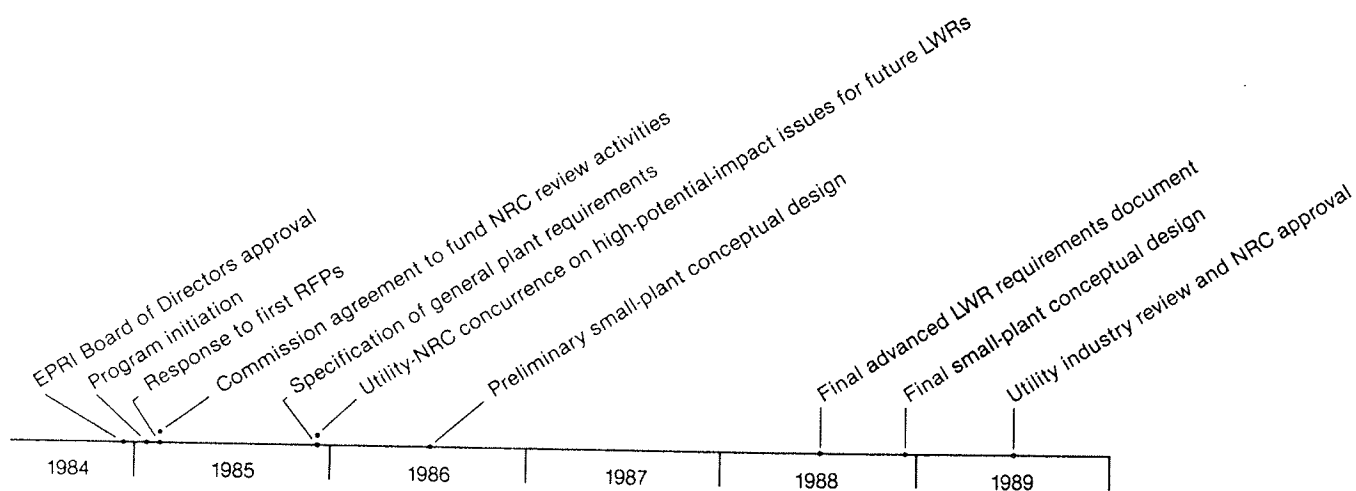
J. Taylor
Vice President & Director

W. Loewenstein
Senior Vice President, Finance & Administration

Kuva 5

Milestones for Advanced LWRs

The national program will draw together the expertise of utilities, EPRI, NRC, reactor vendors, architect-engineers, major laboratories, and major universities to produce a detailed requirements document by 1990 that will specify the design of simplified, standardized LWR plants. Utilities will then be able to use the document to order a nuclear plant with assurance that it will meet industry standards and all current licensing requirements. In addition, conceptual plans for a small nuclear plant will be produced.



Nuclear Power
Division

OVERVIEW OF THE DIVISION PROGRAM (1985-1989)

The conditions governing nuclear power generation in the U.S. require that the EPRI supporting R&D predominantly emphasize the economic improvement of the present operating plants and the timely completion and operation of the plants under construction. The investment in nuclear power generation by the utilities is a major one and prime efforts to optimize that investment are concentrated on: improving plant availability, component and system reliability, the safety and efficiency of operation, and the cost of maintenance as well as devising means by which the lifetime of these plants can be extended.

R&D programmatic emphasis to support these major objectives has been reexamined and strategic program elements have been identified for the Nuclear Power Division which maximize the EPRI R&D contribution to these industry goals (Figure 1). These program elements are:

Source Term: Reevaluate the source term, including present indications that a severe reactor accident entails a public risk much less than that presently utilized in regulation.

Seismic: Reevaluate the process of assuring nuclear plant seismic adequacy by quantifying the methods that have resulted in complex piping supports and other structural features. At the same time, examine the basis for setting seismic requirements in the Eastern U.S. in an overall effort, encompassed in the Seismic Center, to integrate the many technical and professional specializations entailed in the seismic evaluation and design process.

Safety and Licensing: Improve plant operational safety and resolve licensing issues which can affect plant availability. A variety of such issues must be addressed to continue assurance of public safety and to maximize plant capacity factors.

Radioactive Waste Management: Improve the effectiveness and economy of radioactive waste management. High-level radioactive waste storage is a major public acceptance issue and by recent legislation is in the hands of the Department of Energy to resolve. EPRI's role is to provide technical overview of these DOE activities. The utilities however, are responsible for storage of their spent fuel well through the next decade and for the treatment, transportation, and storage of all intermediate level plant waste. The EPRI program in radioactive waste management therefore, is concentrated on effective and more economical techniques for the handling of spent fuel and low/ intermediate-level plant wastes.

Component Reliability: Increase plant availability by improving the reliability of specific components and systems. Reliability problems exist with a variety of equipment, the two most significant being the PWR steam generators and BWR primary piping systems. The base program effort, as well as supplementary effort provided through Owners' group funding, focuses on identifying the causes and means of correction of these reliability problems.

Corrosion: Remedy equipment unreliability caused by corrosion-assisted deterioration, particularly through intergranular attack and stress corrosion cracking. An effort is being placed on developing: (1) improved chemistry controls to inhibit the effects of free oxygen and low level contaminants, (2) systems and operating processes which will reduce the ingress of such contaminants, and (3) improved materials, fabrication methods, and repair techniques.

Operation and Maintenance: Reduce the costs of operation and maintenance of nuclear power plants through improved preventive maintenance techniques and outage planning, more effective methods of repair, and utilization of robotic aids to assist in future maintenance activity.

Occupational Radiation Exposure: Reduce occupational radiation exposure sustained in the maintenance and repair processes, particularly as the plants get older and residual radiation levels increase. Although health standards are being met, the utilities are urged to reduce occupational radiation exposure to the lowest levels that are practically and economically achievable. Future programs are under way to provide material selection, chemistry controls, maintenance procedures, automated systems, and robotic devices that permit further reductions in the radiation exposure maintenance workers receive in nuclear plants.

LWR Fuel Cycle: Improve the economy of nuclear fuel, principally through the extension of burnup. Extended burnup can reduce fuel costs as well as increase plant availability by decreasing the frequency of refueling. The effort by EPRI to extend fuel burnup while assuring continued high reliability is the mainstay of the program.

Plant Constructibility: Develop technological improvements in construction techniques and in the requirements coming from design which bear on the precision and complexity of construction. Possibly the most serious economic issue the nuclear utilities face today is the cost of construction of a nuclear plant. This area has generally been ignored as a research and development topic not only in the utility industry but across all U.S. industry. A new initiative is therefore under way to identify potential technological change which EPRI could effect which would reduce the cost and time of construction or modification of nuclear plants.

Plant Life: Extend the lifetime potential of present nuclear plants significantly so that the burden of new investment for generating capacity can be deferred with substantial economic benefit to the utilities. Actions can be identified and taken now which would provide the opportunity for lifetime extension when and if that option is chosen. The EPRI program is to identify and define those near-term actions as well as a longer term program which would prepare a utility in an orderly way to obtain extension of an operating license.

Advanced Nuclear Systems--Future LWRS, LMFBR, HTGR: These efforts are directed at the present generation of plants in operation and under construction. However, it is an important objective of the utility industry to preserve the option for future nuclear power generation expansion, an option which today is not open to the utilities. A modest effort is warranted, therefore, to participate in the technical definition of nuclear systems for future use by the utilities.

The most immediate contribution that EPRI can make is to work with the utilities and the supplier industry in defining technical requirements for a future light water reactor, based on proven technology, but addressing the issues of risk, reliability, and economy revealed in the present systems. This redefinition, combined with the necessary institutional changes, could be such that the utilities would have the confidence to make a commitment for renewed expansion.

If the nuclear option is reopened, an abundant nuclear fuel supply must be assured and the breeder reactor (LMFBR) is the technological vehicle to provide that supply. The utilization of the high temperature gas-cooled reactor (HTGR) to extend nuclear power to high temperature applications also greatly increases the potential of nuclear power. It is important that the utilities participate in the Department of Energy (DOE) development programs for the breeder and the HTGR and encourage cooperation in these developments with other countries. EPRI is taking the technical lead for this participation in the LMFBR program and is providing technical support to the Gas-Cooled Reactor Associates, a utility owners group, who have the utility lead in the HTGR program.

Antti Vuorinen, Lasse Mattila

22.8.1985

SUOMALAISTEN OSALLISTUMINEN OECD:N YDINENERGIAJÄRJESTÖN
REAKTORITURVALLISUUSTYÖHÖN

Yleistä

OECD:n alajärjestössä NEA:ssa (Nuclear Energy Agency) pääosa siitä toiminnasta, johon osallistuu sihteeristön lisäksi jäsenmaiden edustajia on organisoitu tapahtuvaksi erillisten komiteoiden (Committee) puitteissa. Harvemmin tapahtuu erillisin järjestelyin komiteoiden reviirirajat ylittäviä yhteistapahtumia. STUK:ta ja VTT:ta erityisesti kiinnostavat turvallisuuspainotteiset toiminnot tapahtuvat lähinnä seuraavissa kolmessa komiteassa:

CRPPH = Committee on Radiation Protection and Public Health

WMC = Waste Management Committee

CSNI = Committee on Safety of Nuclear Installations

Seuraavassa tarkastellaan viimeksimainitun komitean toimintaa menemättä kuitenkaan historialliseen katsaukseen.

Suomalaiset asiantuntijat ovat osallistuneet vuonna 1973 toimintansa aloittaneen CSNI:n toimintaan Suomen NEA:aan liittymisestä, 1976 lähtien. Komitean työhön ovat vakinaisluonteisesti osallistuneet STUK:sta Tapio Eurola ja Antti Vuorinen sekä VTT:stä Veikko Palva ja Lasse Mattila. Suuri joukko asiantuntijoita lähinnä VTT:ltä ja STUK:sta on osallistunut CSNI:n organisoimaan toimintaan. Oheisessa liitteessä 1 on luettelo niistä henkilöistä, jotka vuoden 1985 aikana pysyväisluontoisesti osallistuvat CSNI:n työhön.

CSNI:n tarkoitus

CSNI (= Committee on Safety of Nuclear Installations) on kansainvälinentiedemiesten ja insinöörien muodostama komitea, joka on perustettu kehittämään ja koordinoimaan NEA:n toimintaa ydinturvallisuuteen liittyvissä asioissa. CSNI korvasi aiemman komitean CREST (= Committee on Reactor Safety Technology).

CSNI:n tarkoituksena on lujittaa ydinturvallisuusalan yhteistoimintaa OECD-jäsenmaiden keskuudessa. Niinpä se toimiikin yhdyslinkkinä ydinturvallisuustoimintaa harjoittavien organisaatioiden ja alan viranomaisorganisaatioiden kesken. Varsinaisen ydinenergiateollisuuden edustajia ei komiteaan kuulu.

Jos lyhyesti yrittää määritellä toiminta-alueetta hieman tarkemmin voisi sanoa, että CSNI pyrkii käsittelemään ajankohtaisia tärkeitä tutkimusasioita, erityisesti sellaisia, jotka vaadittavien suurten resurssien vaikeuden tms. syyn vuoksi olisi syytä pyrkiä tekemään kansainvälisessä yhteistyössä. Edelleen CSNI käsittelee turvallisuuden varmistamisen tai tutkimisen kannalta tärkeitä tuloksia ja menetelmiä sekä toimii viranomaisasioissa luottamuksellisena suljettuna foorumina eri tarkoituksia varten.

CSNI:n toimintatavat

Varsinainen CSNI:n toiminnan ohjaus tapahtuu kerran vuodessa (tavallisesti marraskuussa) järjestetyissä kokouksissa ja itse sisällöllinen työ hyvin monimuotoisesti erilaisissa kokouksissa, erityisinä konkreettisina tutkimuslaitoksissa toteutettavina työohjelmina, ajankohtaisten "State of Art" tai muiden raporttien julkaisemisena. Niille, jotka jollakin tavalla ovat kosketuksissa alaan - ilmaisu Benchmark-kokeet ja laskut, sekä PISC- ja LOFT-lyhenteet saattavat kertoa paljonkin CSNI:n työn sisällöstä.

Komitean työn paisuttua vaikeasti hallittavaksi organisoitiin pääosa toiminnasta viiden varsinaisen työryhmän hoitettavaksi. Nämä PWG:t (Principal Working Group) ovat edelleen olleet pakotettuja jakamaan työnsä eri muotoihin, joita ovat: working group, task force, ad hoc group, expert meeting jne.

Viiden varsinaisen työryhmän ulkopuolisiksi ovat kehittyneet IRS (= Incident Reporting System) ja Nuclear Safety Research Index. Molemmilla alueilla on yhteistyö IAEA:n kanssa käynnistynyt tai käynnistymässä.

CSNI:hin liittyvänä mutta sinänsä itsenäisenä ja erillisenä on Sub-committee on Licensing, minkä jäsenet ovat viranomaisorganisaatioista. Tämän alakomitean varsinaiset kokoukset järjestetään CSNI:n kokousta seuraavana tai edeltävänä päivänä. Alakomitea toimii viranomaisten välisenä yhdysohjelminä mm. siten, että erityisesti valmistelun alaisista kannanotoista, tapahtuneista viranomaispäätöksistä ja onnettomuuksista raportoidaan luottamuksellisesti.

Alakomitea järjestää vuosittain yhden tai kaksi erityiskokousta. Vuoden 1985 kesäkuussa oli kokous lähde termi-asiasta.

Oheisissa työryhmien toimintaa koskevissa lyhyissä katsauksissa luodaan silmäys tämän hetken tilanteeseen ja tapahtumiin (liite 2).

CSNI:n työn tulosten hyväksikäyttö

CSNI:n työn tuloksena syntyy vuosittain runsaan metrin korkuinen pino raportteja ja muita dokumentteja, jotka ovat yleensä luottamuksellisia vain NEA-jäsenmaiden käyttöön tarkoitettuja. STUK:n ja VTT:n piiristä on konkreettiseen työhön osallistunut asiantuntijoita, jotka toimivat myös omissa organisaatioissaan rajoitetun erityisalueen vastuullisina esimiehinä, tutkijoina tai tarkastajina.

Valmiit raportit ovat erinomaista aineistoa joko opiskelussa tai erityistietojen, kokemuksen jne. keräämistä varten. Hyödyllisintä on kuitenkin omakohtainen osallistuminen usein maailman eturivin erikoismiesten kanssa käytännön työskentelyyn.

Kun ydinenergiateollisuus (= voimayhtiöt) on pääasiallisesti varsinaisen CSNI-työskentelyn ulkopuolella olisi tutkimus- ja viranomaisedustajien tehokkaasti huolehdittava tiedonkulusta myös muille tarvitsijoille. Tässä suhteessa käytetään hyväksi mm. VTT:n tutkimusprojektin johto- ja tukiryhmiä. Mietittävänä on myös muita tämän näkökohdan tehostamistoimenpiteitä.

19.8.1985

Suomalaiset edustajat NEA/CSNI:n eri elimissä

- I CSNI, Committee on the Safety of Nuclear Installations
 Ylijohtaja Antti Vuorinen pääjäsen STUK
 TkT Lasse Mattila VTT/YDI
- Subcommittee on Licensing
 Ylijohtaja Antti Vuorinen STUK
- II PWG 1, Operating Experience and Human Factors
 DI Lasse Reiman STUK
 TkL Björn Wahlström VTT/SÄH
- Task Force 1: Emergency Operating Procedures
 TkL Björn Wahlström VTT/SÄH
 DI Leena Tuominen VTT/SÄH
- Task Force 4: Operator Training
 (työ käynnistysvaiheessa)
- PWG 2, Transients and Breaks
 DI Kalevi Haule STUK
 DI Heikki Holmström VTT/YDI
- Task Group 1: Transients and ECCS
 DI Heikki Holmström VTT/YDI
- PWG 3, Primary Circuit Integrity
 TkT Kari Törrönen VTT/MET
 TkL Crister Ottosson STUK
- PISC-III (Program on Inspection of Steel Components)
 Prof. Jarl Forstén VTT/MET
- PWG 4, Source Term and Consequence Analysis
 TkT Seppo Vuori VTT/YDI
 FM Seppo Väisänen STUK
- GENAC (Group of Experts on Air Cleaning and
 Containment Atmosphere Control Systems under
 Accident Conditions)
 (työ toistaiseksi keskeytyksissä)
- GRECA (Group of Experts on Accident Consequences)
 TkT Seppo Vuori VTT/YDI
- GREST (Group of Experts on Source Term)
 DI Klaus Kilpi VTT/YDI
- PWG 5, Risk Assessment
 DI Urho Pulkkinen VTT/SÄH
 DI Reino Virolainen STUK
- III Working Group on Fuel Cycle Safety
 (kokoontuu hyvin harvoin)
 TkT Seppo Vuori VTT/YDI

KATSAUKSET CSNI:N PÄÄTYÖRYHMIEN TOIMINTAAN

PWG 1 Operating Experience and Human Factors

Ryhmä on tehnyt laajat kyselytutkimukset mm. operaattorien toimintaohjeista ja human factors -aihepiirin toiminnasta ja valmisteilla on raportti laitosten henkilökunnan koulutusohjelmista. Huhtikuussa 1986 järjestetään laaja symposio pikasulkujen vähentämismahdollisuuksista.

Ehkä keskeisin ryhmän työkohte on NEA Incident Reporting System: (NEA-IRS), joka on toiminut nyt viitisen vuotta ja sen asema on vakiintunut. Järjestelmän piirissä on välitetty noin 500 tapahtumaraporttia. Raporttien määrä on vähentymässä, vuoden 1982 huippuluvusta 158 122 kappaleeseen viime vuonna. Muutos johtuu lähinnä USA:n raporttien vähenemisestä. Raportointimäärässä raportti/laitosyksikkö/vuosi pudottiin viime vuonna alle arvon 0,5, kun suositusarvo on 1. Vastapainoksi on toki todettava, että raporttien laatu on koko ajan parantunut. Suomen osalta em. raportointitaajuus on ollut kutakuinkin suositusten mukainen.

NEA-IRS-järjestelmän merkitys Suomen kannalta on ollut lähinnä YSR-työryhmän kautta geneeristen ongelmien esilletuoja. Suoraan sovellettavia kokemuksia on tullut lähinnä vain Ruotsista sekä joistakin ongelmallisista laitteista, joita on käytössä myös Suomen laitoksilla. Raportit ovat yleisesti antaneet tietoa eri maissa käytetyistä ratkaisuksista, lähinnä näiden huonoista puolista. Tältä pohjalta on voitu tehdä vertailua tilanteeseen Suomessa. Selvästi kuitenkin vaikuttaa siltä, että Loviisan ja TVO:n tyyppisiltä laitoksilta tietoja tulisi saada lisää.

NEA-IRS-järjestelmän hyödyntämistä PWG 1 -työryhmässä ollaan kehittämässä siihen suuntaan, että raportoitujen tapahtumien perusteella valitaan ennakkoon pari kolme painopistealuetta, joita käsitellään kokouksissa syvällisemmin. Syyskuun kokouksessa 1985 käsitellään seuraavia aiheita:

- Redundanttisten turvallisuusjärjestelmien menetys (yksittäisvikakriteeri ei näytä riittävän!)
- Reaktorin jäähdytysjärjestelmän ja siihen liittyvien apujärjestelmien väliset vuodot

NEA-maiden ja SEV-maiden häiriötilanneraporttien vaihto IAEA-IRS:n piirissä kehittyy vähitellen.

PWG 2 Transients and Breaks

Ryhmän työ tapahtuu osittain Task Group (TG) -aliryhmissä:

1.1 TG on Transients and ECCS

Alityöryhmässä on valmisteltu laskentaohjelmien verifiointi/validointi-matriisia ja päätetty ottaa siihen BWR:kin mukaan PWR:ien lisäksi. Uusina asioina on päätetty paneutua ohjelmien tarkkuusvaatimukseen eli "how good is good enough?" ja kokeiden - korrelaatioiden - mallien skaalausongelmiin.

1.2 TG on Fuel Behaviour under DBA

Alityöryhmän valmisteleva State-of-Art raportti (SOAR) valmistunee v. 85 aikana.

1.3 TG on Ex-Vessel Severe Accidents

Alityöryhmässä suoritetaan benchmark-laskuja vakavien onnettomuuksien suojarakennuskäyttäytymisestä. VTT on ottanut rajoitetusti osaa laskuihin MAAP-tietokoneohjelmalla.

Näkyvin osa ryhmän työtä ovat ns. kansainväliset tietokoneohjelmien standardiprobleemat (ISP), joissa vertaillaan tietokoneohjelmien tuloksia huolellisesti kontrolloituihin kokeisiin. Tähän työhön on Suomesta (VTT) osallistuttu mahdollisimman laajasti. Yhden standardiprobleeman edellyttämä työmäärä on tyypillisesti 3-4 htkk. Tulosten vertailuvaiheessa on parhailaan standardiprobleema, jossa kohteena oli EEC:n Ispran tutkimuslaitoksen LOBI-laitteistolla tehty pienen vuodon jäähdytteenmenetyskoe. VTT osallistui RELAP5- ja SMABRE-ohjelmilla. Alkamassa on mm. ranskalaisella PHEBUS-tutkimusreaktorilla tehdyn polttoaineen kuumenemiskokeen laskenta. VTT osallistuu FRAP-T-ohjelmalla. Aikaisemmin on laskettu myös mm. suojarakennuskokeita. Uutena aiheena ovat tulossa todelliset laitoksilla tapahtuneet transientit. Niiden kohdalla ongelmana on yleensä sopivan mittaustiedon puute.

PWG 3 Primary Circuit Integrity

Merkittävimmät työryhmän toimintamuodot ovat

- osanottajien informointi kokouksissa eri maissa tehtävästä tutkimuksesta ja ajankohtaisista ongelmista,
- seminaarien järjestäminen ajankohtaisista aiheista,
- kansainvälisten kyselyiden tekeminen ja näiden perusteella tilannekatsauksen laatiminen sekä
- kansainvälisesti rahoitetun tutkimuksen ohjaus.

Toiminta on suomalaisten edustajien mielestä ollut hyödyllistä ja niin virkeää kuin tämäntyyppiseltä kansainväliseltä yhteistyöltä voi odottaa. Seminaarien järjestäminen ja kyselyiden tekeminen ovat olleet tärkeimpiä toimintamuotoja. Kyselyihin vastaamisessa on ulkopuolisten osalta ollut puutteita, mutta työryhmän puitteissa vastauksia kuitenkin tulee.

Tunnetuin osa tämän ryhmän työstä on varmaankin Program on Inspection of Steel Components (PISC), josta on juuri alkamassa kolmas vaihe. PISC-ohjelmassa kierrätetään eri maissa eri ryhmien tarkastettavana erityyppisiä vikoja sisältäviä kappaleita. Kun tarkastusryhmät eivät ennalta tiedä vikojen luonnetta (sijainti, tyyppi, suuruus), saadaan tuloksia vertailemalla arvioita eri tarkastusmenetelmien luotettavuudesta ja sopivuudesta.

Uusina aiheina ryhmässä on esitetty otettavaksi esille mm. teräskomponenttien vanheneminen ja elastis-plastisen murtumis-sitkeysarvojen (K_{IJ}) käyttö. On ehdotettu toimialueen laajentamista myös suojarakennukseen, koska tämä alue on vakavien reaktorionnettomuuksien/source term -aihealueen kannalta juuri nyt hyvin tärkeä, mutta alan asiantuntemusta ei CSNI:n piirissä juuri ole.

PWG 4 Source Term and Environmental Consequences

Ryhmän toiminta kattaa lähinnä vakavien reaktorionnettomuuksien yhteydessä ympäristöön vapautuvien radioaktiivisten aineiden päästöjen arvioinnin sekä ympäristöseurausten arvioinnin.

Vuonna 1984 PWG4:n toimesta laadittiin katsaukset eri maissa vallitsevasta käytännöstä reaktorionnettomuuksien lähdetermien osalta sekä alueen tutkimustoiminnasta. Vuoden 1985 alkupuolella asetettiin erityistyöryhmä, jonka tehtävänä on laatia CSNI:n tämän vuoden kokoukselle yhteenveto viime aikoina valmistuneista laajoista selvityksistä reaktorionnettomuuksien lähdetermeistä (ANS, APS, NRC/BMI-2104). PWG4:n ohjelmassa on myös laajemman ja seikkaperäisemmän yhteenvedon laatiminen lähdetermien tilanteesta maailmanlaajuisesti. Tässä tähdätään vuoden 1986 syksyyn.

Tällä hetkellä ehdottomasti ajankohtaisin ja tärkein on lähde-termi-alatyöryhmän (GREST) toiminta. Sen aloitteesta on käynnissä mm. vakavien reaktorionnettomuuksien analysoinnissa keskeisessä asemassa olevien aerosolien käyttäytymistä kuvaavien tietokoneohjelmien vertailu. VTT osallistuu RETAIN-ohjelmalla. Olisi hyödyllistä laajentaa koodivertailu koskemaan myös vakaviin reaktorionnettomuuksiin liittyviä termohydraulisia analyysejä, minkä tulisi kuitenkin tapahtua kiinteässä yhteistyössä PWG2:n (Transients and Breaks) kanssa. Eräät ryhmän jäsenet ovat korostaneet termohydraulisten ja aerosolianalyyysien kytkennän tärkeyttä, jotta tietyt olennaiset vuoro-vaikutukset tulevat luotettavasti huomioonotetuiksi.

Ympäristövaikutusten arvioinnin osalta valmius on katsottu huomattavasti kehittyneemmäksi, joten tämän aihepiirin toimintaa voidaan toistaiseksi priorisoida alhaisemmaksi. Tätä aihepiiriä käsittelevä alatyöryhmä (GRECA) oli toiminnassa jo ennen PWG4:n muodostamista ja suoritti silloin vuosina 1980-82 laajan seurausvaikutusten arviointiin tarkoitettujen tietokoneohjelmien vertailun, mihin myös VTT osallistui (ARANO-ohjelma).

PWG4:n suhteesta muihin päätyöryhmiin voidaan todeta, että esimerkiksi täydellisen (= taso 3) PRA:n suorittamiseen liittyvien tutkimusvalmiuksien kannalta saumaton yhteistyö ryhmien PWG2 (termohydraulinen käyttäytyminen & onnettomuusketjut) ja PWG5 (onnettomuusketjut & riskianalyysi) kanssa on olennaisen tärkeitä.

PWG 5 Risk Assessment

Ryhmä on käsitellyt lähinnä seuraavia tehtäviä:

1. Kriittinen katsaus PRA (Probabilistic Risk Assessment) ^{-menetelmiin} / jo valmistuneiden tutkimusten valossa (työ loppuvaiheessaan)
2. Katsaus PSA:n (Probabilistic Safety Assessment) käytöstä päätöksenteon välineenä eri maissa (yli puolet työstä tehty)

3. Miten PSA-tutkimusten antamaa tietoa on käytetty hyväksi operaattoreiden ohjeistoissa vakavien reaktorionnettomuuksien hoitamiseksi (noin puolet työstä tehty)
4. Selvitys Safety Goal -aktiviteeteista eri maissa ja arvio siitä, miten sitä pitäisi käyttää turvallisuustyön osana (yli puolet työstä tehty)
5. Selvitys inhimillisen luotettavuuden mallintamisen tasosta PSA-tutkimuksissa ja arvio mahdollisuuksista parantaa sitä (ehdotus)
6. Epävarmuudet PSA:ssa datan, menetelmien ja oletusten kannalta (ehdotus)
7. Luotettavuustekniikka käytönjohdon apuna riskien hallinnassa (ehdotus)
8. Käsikirja PSA-tulosten käyttämisestä (ehdotus)

Tehtävien suorittajat on valittu PWG5:n sisältä. Ryhmän sisältä on lisäksi osoitettu kutakin tehtävää varten 2-3-miehininen tukiryhmä ja kriitikko.