



ATS

YDINTEKNIikka

SISÄLTÖ:

Merkkivuonna tapahtunutta	1
1986 — hyvä vuosi Olkiluodossa	3
Loviisa 1 ja 2 käyttö 1986	6
Magneettiventtiilien häiriöistä	8
Ydinjätehuollon tutkimukset	9
Koulutussimulaattorin uusinta	10
Suomen voimahuolto ja yhteiskäyttö	10
Loviisan laitoksen valmiusharjoitukset	13
IAEA:n kokous 24—25.11.1986	16
Matkakertomus: ATS:n matka Kiinaan 27.10.—9.11.1986	18

ATS

YDINTEKNIikka

4/86

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

TOIMITUS

Päätöimittaja
FT Mikko Kara
P. 90-790500

Imatran Voima Oy
Viikintie 3, PL 138
00101 Helsinki

Erikoistoimittaja
DI Klaus Sjöblom
P. 915-550431

Imatran Voima Oy
07900
Loviisa

Erikoistoimittaja
DI Ahti Toivola
P. 938-3811

Teollisuuden Voima Oy
27160
Olkiluoto

Toimittaja
FM Launo Tuura
P. 90-6172471

Helsingin kaupungin energialaitos
Kampinkuja 2
00100 Helsinki

JOHTOKUNTA

Pj TKT Erkki Aalto
Imatran Voima Oy
PL 138
00101 Helsinki
Puh. 6160250

Jäs. DI Antti Hanelius
Suomen Voimalaitosyhdistys ry.
Lönnrotinkatu 4 B
00120 Helsinki
Puh. 602944

Vpj TkL Jukka Laaksonen
Säteilyturvakeskus
Kalevankatu 44
00180 Helsinki
Puh. 6167283

Jäs. DI Ilkka Mikkola
Teollisuuden Voima Oy
Fredrikinkatu 51—53 B
00100 Helsinki
Puh. 605022

Rh DI Seppo Salmenhaara
VTT/REA
Otakaari 3 A
02150 Espoo
Puh. 4566330

Jäs. TkL Björn Wahlström
VTT/SÄH
Otakaari 7 B
02150 Espoo
Puh. 4566400

Siht DI Esko Tusa
Imatran Voima Oy
PL 138
00101 Helsinki
Puh. 6958324

TOIMIHENKILÖT

Yleissihteeri
FK Lauri Rantalainen
Puh. 90-6090949
Imatran Voima Oy
PL 138
00101 Helsinki

Ekskursios sihteeri
DI Pertti Salminen
Puh. 90-4564148
VTT/Ydinvoimatekniikan lab.
Lönnrotinkatu 37
00180 Helsinki

Kans.väl.yhteyks.siht.
DI Klaus Kilpi
Puh. 90-648931
VTT/E-osaston kanslia
Vuorimiehentie 5
02150 Espoo

ATS-Info puheenjohtaja
TKT Seppo Vuori
Puh. 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.

Merkkivuonna tapahtunutta

Vuoden positiivisia tapahtumia on puolestaan mm. seuran ekskursio Kiinaan. Matkaa on käsitelty tarkemmin muualla tässä numerossa. Voin vain todeta, että isäntiemme, Kiinan Atomiteknillisen Seuran (CNS) tekemät matkajärjestelyt olivat erittäin huolelliset ja onnistuneet. Varsinaisen monipuolisen ammatillisen ohjelman lisäksi tällä matkalla oli vähintään yhtä suuri merkitys edes pinnallisen yleiskuvan antajana meille melko tuntemattomasta vanhasta kulttuurimaasta, jossa asuu viidesosa ihmiskunnasta. — Kontaktimme CNS:n kanssa jatkuu, ja saamme heidän edustajiaan vieraaksemme ensi vuonna. Näin toivottavasti kehittyvät henkilösuhteet, jotka ovat erittäin tärkeitä kontakteina suuren maan kanssa.

Muista tapahtumista vuoden aikana mainittakoon seuramme julkaisun muuttuminen painetuksi lehdeksi. Tämäkin toivottavasti vahvistaa kuvaa täysi-ikäisestä seurasta. — Lehti vaatii enemmän työtä kuin aikaisempi monistemuoto. Tätä, kuten muutakin työtämme, seuran toimihenkilöt ovat tehneet täysin tai käytännössä palkkiotta.

Kuluneena vuotena vietettiin seuran 20-vuotisjuhlaa. Tämän ikäisessä seurassa voi olettaa toiminnan jo saaneen, alku-

vuosien innostuksen jälkeen, määrätyn rauhallisesti kehittyvän muotonsa. Toivoa sopii, että kysymyksessä ei ole pelkkä urautuminen, vaan toiminta perustuu sekä erilaisiin traditioihin että dynaamiseen kehitykseen.

Sama vakaa kehitys näytti vallitsevan maamme ydinvoimatuotannossa. Tshernobylin onnettomuus muutti tunnetusti tilanteen yhdellä iskulla. Sen aiheuttama psykologinen ja poliittinen takaisku aiheuttaa Länsi-Euroopassa vahingot, jotka ovat kertaluokkia suuremmat kuin mitkään suoranaiset spekulatiiviset pitkän aikavälinkään vahingot samoissa maissa. — Neuvostoliitossa materiaaliset vahingot olivat huomattavat, mutta vaikutusta ydinvoiman rakennusohjelmaan on vaikea havaita. — Tällä hetkellä on mahdollista varmasti sanoa, kauanko tästä takaiskusta toipuminen maassamme kestää. Ensimmäiset merkit viittaavat siihen, että suuri yleisö on toipumassa nopeammin kuin mielipidevaihteluja seuraavat poliitikot.

Haluankin tässä yhteydessä lausua parhaat kiitokseni kaikille toimihenkilöillemme, joiden ahkeran työn tuloksena seuran toiminta on rullannut ja kehittynyt kuluneen vuoden aikana.

SAKSAN LIITTOTASAVALTA

Saksan Liittotasavallan NECKAR GKN 1 855 MW PWR KWU-yksikön ylösajo vuosihuollosta viivästyy edelleen, johtuen myöhään suunnitellusta pääkiertopumpputarkastuksesta ja sydämen virtausohjaimien viallisten ruuvien vaihdosta. Yksikkö valmistui vuonna 1976.
atw News 11/1986

Saksan Liittotasavallan CASTOR-käytetyn polttoaineen kuljetussäiliön valmistajalla on vaikeuksia NRC:n kanssa em. säiliötyypin materiaalin hyväksyttämiseksi pallografiittivaluraudan käyttöä, koska materiaalin ominaisuudet voivat vaihdella suuresti riippuen mm. seinämän paksuuksista ja sijainnista säiliössä. Samoin voivat materiaaliominaisuudet olla erilaisia samojen piirustusten mukaan tehdyissä eri säiliöissä. Materiaali on hyväksytty Saksan Liittotasavallassa, Iso-Britanniassa, Kanadassa, Ranskassa, Alankomaissa ja Ruotsissa. Suomessa asiaa tutkitaan TVO:n säiliöön liittyen (toim.huom.).
Nuclear Fuel 6.10.1986

Saksan Liittotasavallan reaktoriturvallisuukskomitea (RKS) on käynnistänyt ministeriön kehoituksesta maan ydinvoimalaitosten turvallisuuden arvioinnin Tshernobylin onnettomuuteen liittyen. RKS on pyytänyt käyttäjiltä, toimittajilta ja voimayhtiöiltä mm. seuraavia tietoja:

Tilanneraportit laitoksien turvallisuudesta selvityksineen tehdyistä parannuksista käynnistyksessä lukien.

Luettelot "Tshernobyl"-huolestumisista IAEA:n raportin herättäminä, kuten PWR:ien suojarakennusvauriot sydämen sulamistilanteessa.

Lyhyentähtäimen ehdotukset PWR:ien suojarakennuksen paineenlaskujärjestelmästä onnettomuutta silmälläpitäen.

Tietoja suojarakennuksen ilmastoinnin eristyksen luotettavuudesta.

Raportteja eri kohteiden eristyslaitteiden testausten antamista kokemuksista.

Ehdotus suojarakennuksen hätäeristämissä automaattisen eristysjärjestelmän petettyä.

atw News 11/1986

SVEITSI

Sveitsin MÜHLEBERG -yksiköllä tapahtui syyskuussa 300 millicurien gamma-päästö viallisten aerosolisuodattimien läpi. Päästöraja on 500 millicurieta. Poistokaasupiipun monitorit eivät rekisteroineet kontaminoituneen hartsipölyn ohivirtaamista. Pöly oli peräisin reaktorivedenpuhdistusjärjestelmän ioninvaihtohartseista.
NW 9.10.

Sveitsin parlamentti on äänestänyt loka-kuun alussa ydinvoiman käytön jatkamisesta. Tulos oli 105 puolesta ja 68 vastaan. Tshernobylin mainingit nostattivat maan parlamentissa valtaisan keskustelun.

Nucleonics Week 16.10.

USA

USA. TMI-2 onnettomuusreaktorin sydämen purkaminen on meneillään Harrisburgissa. Vaurioituneen polttoaineen ja tukirakennosasten muodostama irtoaines on imuroitu säiliöihin. Sydämen kiintonaiseen alaosaan on porattu halkaisijaltaan 10 cm näytereikiä, joihin laskettujen kameroiden avulla on saatu käsitys reaktorin alaosan kunnosta. Vauriot rakenteissa ovat odotettua pienemmät. Sydämen kannatusrakenteiden alueella on yllättävän vähän irtoainesta. Paineastian pohjalla oleva moska on imuroitavissa ylös. Sydämen alaosan tarkastelulla voitisiin vahvistaa käsitystä siitä, että veden pinta oli alimmillaan 0,6—1 m sydämen alareunan yläpuolella.
Nuclear News September 1986

USA Surry 2 781 MW PWR Westinghouse-yksiköllä tapahtui 9. joulukuuta kuuden henkilön loukkaantumisen aiheuttanut onnettomuus. Pääsyöttövesilinja katkesi ja vuoti kuuma höyrystyvää vettä turpiinirakennukseen, missä olleet henkilöt saivat palovammoja. Radioaktiivisia päästöjä ei tapahtunut. Reaktorin turvajärjestelmät toimivat odotetusti. Katkoksen 18 tuuman putkessa arvelaan johtuneen syöttöveden säädön epävakaavuuden aiheuttamista painevaihteluista putkilinjassa.

NRC:n kirje 17.12.

Amerikkalaiset tunnetut yhtiöt kuten mm. Westinghouse, Stone & Webster, Bechtel halusivat myydä teknologiaansa Neuvostoliitolle, joka kartoittaa parhailaan Tshernobylin jälkimainingeissa mahdollisia toimittajia omien reaktoreittensa parannusohjelmaa silmälläpitäen. USA:n hallitus ei ole toistaiseksi hyväksynyt ydinteknologian vientiä, koska sitä voitaisiin käyttää myös sotilaallisissa reaktoreissa ja sukellusveneissä. Presidentti Reaganin muistetaan kuitenkin tarjonneen apuaan Neuvostoliitolle Tshernobylin onnettomuuden yhteydessä.
Nucleonics Week 11.12.

USA:n Hatch-ydinvoimalaitoksella tapahtui 3. joulukuuta ympäristöpäästö. Noin 560 kuutiometriä käytetyn polttoaineen varastointialtaan vettä vuoti pihalle polttoaineen kuljetuskanavan vahingossa paineettomiksi tehtyjen paineilmatiiivisteiden kautta. 12 metriä syvän altaan pinta vajeni 1,5 metrillä. Käyttöhenkilöstö huomasi tapahtuman vasta yhdentoista tunnin kuluttua, sillä vuodonilmaisimet eivät toimineet. Vesi päätyi piha-alueen myrskyvesiviemärintiä pitkin läheiselle suoalueelle. Purkukohdasta on poistettu 600 kuutiometriä suomaata, jonka toivotaan suodattaneen vuotovedet. Suomaan annosnopeus oli suurimmillaan 2 mrem/h.

Fragments

RUOTSI

Ruotsin STUDSVIK toimittaa Japanin TEPCO:lle in-core-fuelmanagement-palveluja 8 miljoonalla kruunulla. Toimitukseen kuuluu Studsvikin ICFM-code-paketin lisenssi ja kolmen vuoden kehitystyö.

Nuclear Europe 11/1986

Ruotsin hallitus on esittänyt maan parlamentille 25 miljoonan kruunun suunnitellun ydinonnettomuusvalmiuksien parantamisesta. SSI:n säteilymittausasemat automatisoitaisiin, kuntien ja muiden tahojen viranomaisille järjestetään säteilykoulutusta ja valmistetaan jokaiselle ruotsalaiselle jaettava säteilysuojeluesite.
Nucleonics Week 16.10.

SEV-MAAT

Tshernobylin onnettomuuden todelliseksi aiheuttajaksi on esitetty xenonmyrkytystä. Xenonia syntyy polttoaineeseen jodin isotoopin I-135 hajotessa. Xenon-pitoisuus nousee reaktorin tehoa laskettaessa ja tällöin ketjureaktion ylläpitäminen tai kiihdyttäminen vaikeutuu. SKI:n entinen johtaja Lars Nordström sanoo xenon-ongelman esiintyvän myös PWR- ja BWR-laitoksissa.
Ytimekäs nro 9.1986

Unkarin Paks 3 VVER 440 yksikön käyttöönotto etenee hyvin. Yksikkö kytkettiin ensimmäisen kerran verkkoon 28. syyskuuta ja se saavutti 75 % tehon loka-kuun 20. päivänä.
Nucleonics Week 30.10.

Neuvostoliitto aikoo viedä loppuun Tshernobyl 5- ja 6- projektit. Keskeytyneitä töitä ryhdytään jatkamaan viimeistään vuonna 1988. Tshernobyl 1 on jo tuotannossa lokakuun alusta lähtien, 2-yksikkö käynnistetään pikapuolin ja 3-yksikkö ensi vuoden aikana. Laitoksella työskentelee nyt 1300 henkilöä, kun taas vahvuus ennen onnettomuutta oli 6500.
Nucleonics Week 30.10.

1986 — hyvä vuosi Olkiluodossa

TVO I:llä vikojen korjaus aiheutti polttoainevaihtoseisokin ulkopuolella yhden käyttökeskeytyksen, TVO II:n käyttö jatkui koko vuoden keskeytyksittä polttoaineenvaihtoseisokkia lukuunottamatta.

Vuoden 1986 sähkön nettotuotanto oli Olkiluodon laitoksella yhteensä 11 303 gigawattituntia ja yhteinen käyttökerroin 91,1 %. TVO II kunnostautui erityisesti: nettotuotanto 5 840 GWh ja käyttökerroin 94,2 %. Koko käytön aikainen nettotuotanto Olkiluodossa vuoden 1986 loppuun mennessä oli 69 018 GWh.

Polttoaineenvaihtoseisokki aiheutti TVO I:llä 544,8 GWh:n ja TVO II:lla 264,7 GWh:n tuotannonmenetyksen. Muista syistä menetettiin yksiköillä tuotantoa seuraavasti:

	TVO I	TVO II
koestus	4,5 GWh	4,2 GWh
kulutuksen vähäisyys	40,5 „	33,3 „
venytysajo	31,6 „	23,4 „
viat	40,5 „	19,8 „

Polttoaineenvaihtoseisokit

TVO I pysäytettiin seisokkia varten 16.5. ja kytkettiin uudelleen verkkoon 16.6. Seisokin pituudeksi muodostui 33,4 vrk, jonka määräsivät reaktoripuolella tehdyt muutos- ja korjaustyöt. Turbiinipuolen mittava muutosurakka, lauhdutinputkituksen vaihto, kesti 25 vrk. Seisokin kokonaistyömäärä oli 211 000 miestyötuntia, josta TVO:n oman henkilöstön osuus oli 45 000. Kokonaiskustannuksiksi muodostui 31,9 milj. markkaa, josta työvoimakulut edustivat 27,9 milj. mk. Seisokitöissä kaikkiaan 756 henkilöä sai kirjattavan säteilyannoksen (yli 0,1 mSv), kollektiivisen annoksen ollessa 0,86 manSv. Seisokin aikana havaituista vioista olivat

merkittävimpiä reaktorista lähtevien jälkijäähdytysjärjestelmän putkien säröt, jotka korjattiin päällehitsauksella. Yksikön 400 kV:n päämuuntaja jouduttiin vaihtamaan tarkastuksen osoitettua läpilyöntivaurioita eristeissä. Reaktorin säätösauvoja tarkastettiin 25 kpl sauvojen yläpäässä mahdollisesti syntyneiden säröjen toteamiseksi. Yksitoista sauva vaihdettiin uusiin säröjen takia.

TVO II:n seisokki alkoi 16.6 ja päättyi 30.6. kestäen 13,5 vrk. Reaktorin kannen avaaminen ja samalla kriittisen linjan töiden aloitus viivästyivät polttoainevuodon reaktorivedessä aiheuttaman kohonneen jodipitoisuuden takia. Polttoainevuoto oli havaittu huhtikuun alussa ja paikallistettu sydämessä säätösauvojen liikuttelukokein 26.4. Sen aiheuttama jodi-131 pitoisuus reaktorivedessä oli käytön aikana 1 kBq/l. Seisokkiin ajon yhteydessä reaktorin paineen laskun aikana syntynyt koncentraatiohuippu oli n. 3 000 kBq/l, jonka alenemiseen reaktorin kannen avaamisen sallivalle tasolle kului 40 tuntia. Seisokin kokonaistyömäärä oli 83 000 miestyötuntia, joista oman henkilökunnan osuus 22 000. Seisokin 13,4 milj. markan kokonaiskustannuksista oli työvoiman osuus 11,3 milj.markkaa. Yli 0,1 mSv:n säteilyannoksen sai 598 henkilöä kollektiivisen annoksen kohotessa 0,35 manSv:iin.

Osart-tarkastus

Maaliskuun 3.—21. päivien välisenä aikana suoritti IAEA:n 16-henkinen tarkastusryhmä Olkiluodon laitoksen käyttö- ja ylläpitotehtävien tarkastuksen. Osart- (Operational Safety Review Team) ryhmän tarkastus kohdistui 8 osa-alueeseen: organisaatio, koulutus, käyttö, kunnossapito, tekniset tukitoiminnot, säteilysuojelu, kemian valvonta ja onnettomuusvalmius. Tarkastuksen tuloksena on IAEA toimittanut KTM:lle syyskuussa raportin, jonka yleistoteamus Olkiluodon laitoksesta on hyvin myönteinen sisältäen kuitenkin joukon ideoita ja ehdotuksia asioiden edelleen kehittämiseksi. Näiden jälkiarviointi on käynnissä TVO:n ja STUK:n kesken.

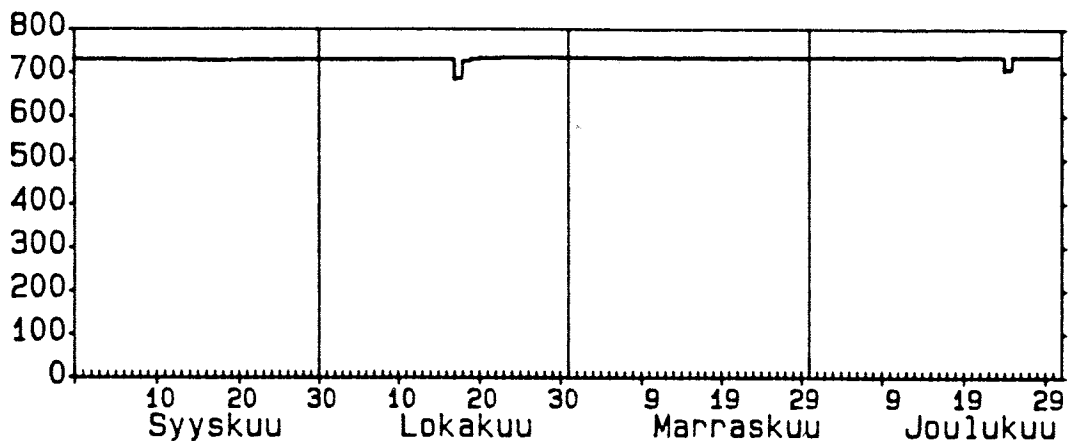
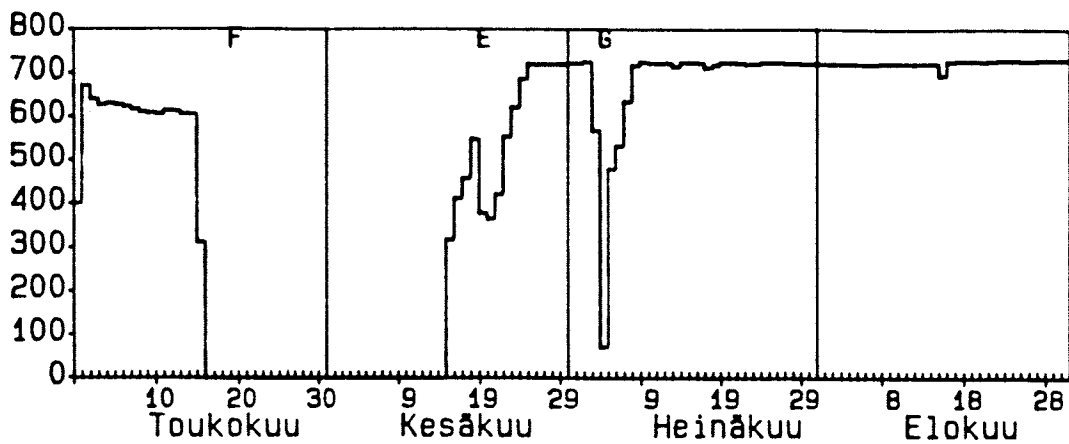
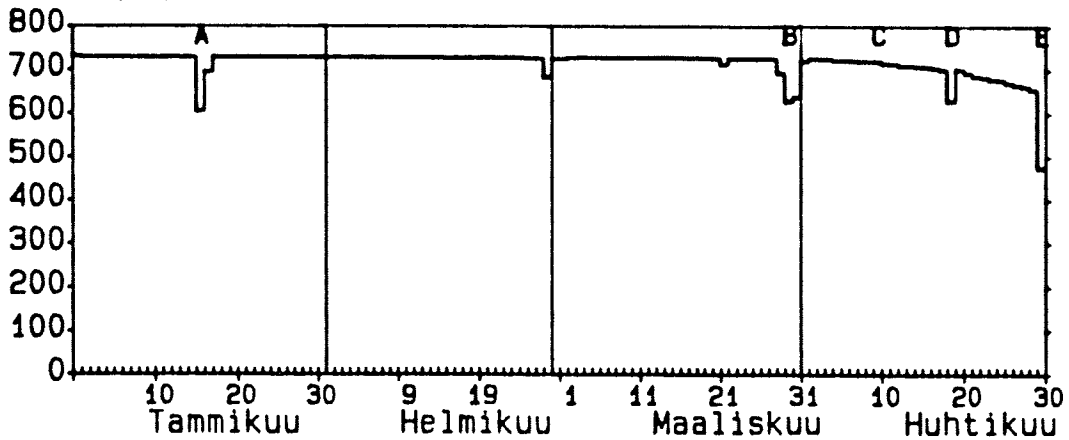
Ydinjätehuolto

Vuoden 1985 lopussa TVO oli julkistanut 102 aluetta koskevan luettelon niistä alueista Suomessa, jotka TVO:n teettämien selvitysten perusteella geologisesti soveltuisivat jatkotutkimuksiin käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikkaa määrittäessä. Vuoden 1986 alussa järjestettiin tiedotustilaisuuksia useissa selaisissa kunnissa, joiden alueella tutkimuskohteita sijaitsee. Monet kunnat määrittivät kantansa tutkimustöiden aloittamiseen alueellaan: kunnanhallitus teki tutkimusten aloittamista koskevan myönteisen tai neutraalin päätöksen 11 kunnassa ja kielteisen 3 kunnassa, valtuusto teki kielteisen päätöksen 4 kunnassa, näistä 2 sellaista joissa hallituksen kanta oli myönteinen. Alueluetteloon tehtiin tarkistuksia ympäristöministeriön kommenttien perusteella maaliskuussa. Tällöin alueiden määrä supistui 85:een. Tutkimustöitä ei v. 1986 aikana aloitettu missään kohteessa.

Joulukuun 15. päivänä TVO jätti Säteilyturvakeskukselle voimalaitosjätteen loppusijoitustilaa koskevan alustavan turvallisuusraportin. Olkiluodon kallioperään sijoitettavan varaston nettoilavuus, 28 500 m³ on mitoitettu 13 000 tynnyrille (ä 200 l) keskiaktiivista bitumiin valettua jätettä, 15 000 tynnyrille alhaisaktiivista jätettä ja 1 000 laatikolle (ä 1,3 m³) alhaisaktiivista metalliromua. STUK:lle jätetty hakemus koskee töiden aloittamista v. 1988 alussa siten, että loppusijoitustila voidaan ottaa käyttöön v. 1992 aikana.

TVO 1 KÄYTTÖ 1986

Teho (MW) Brutto

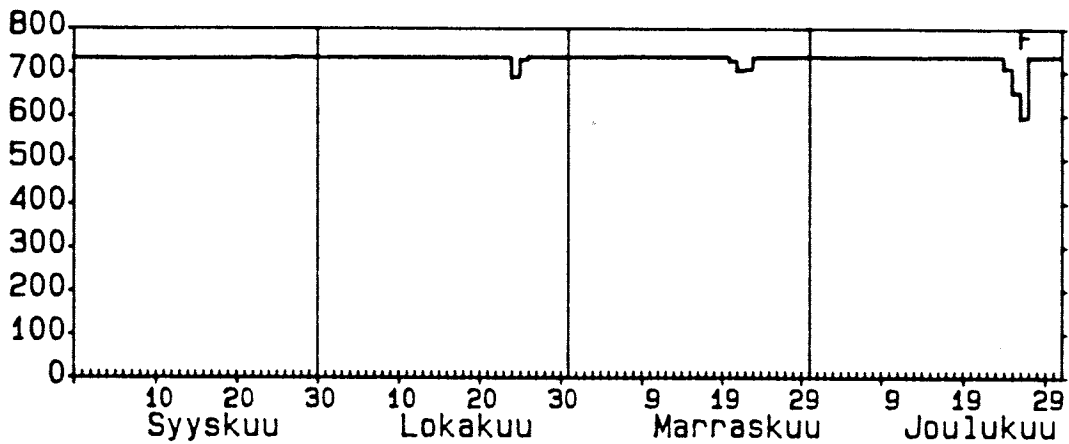
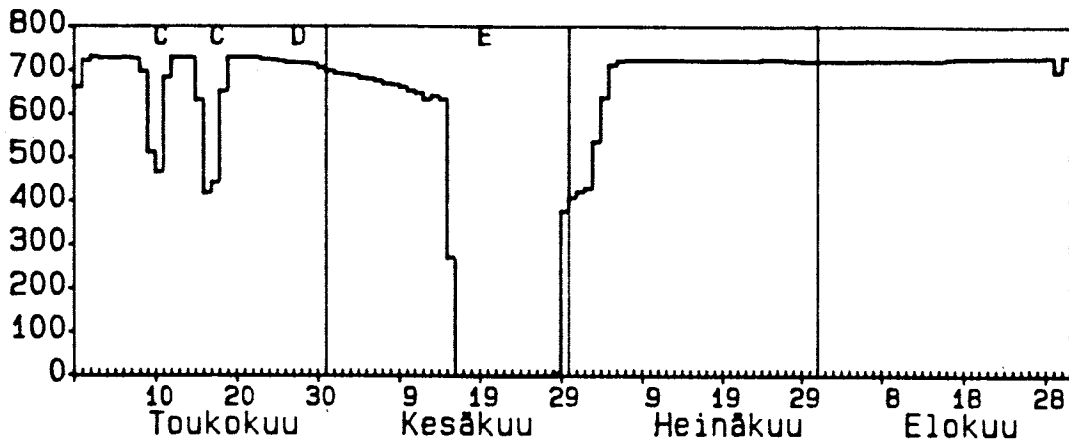
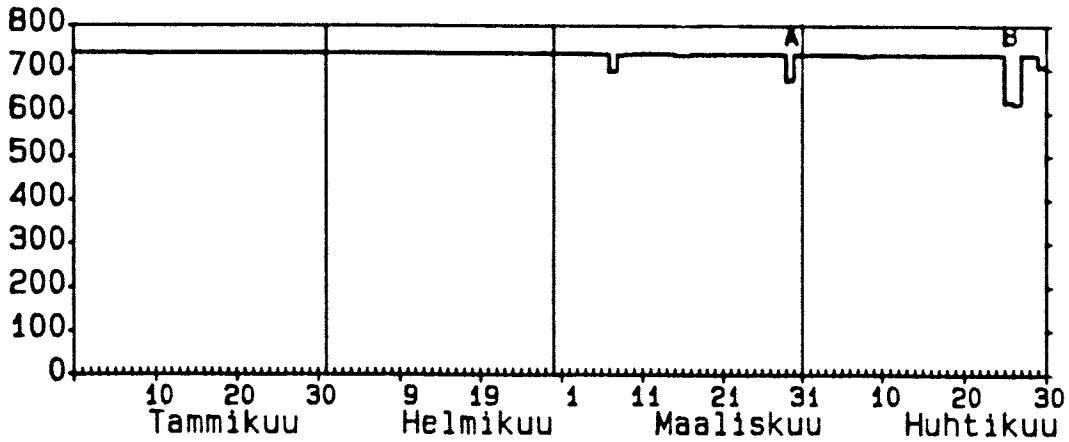


ENERGIATUOTANTO ENERGIÄKÄYTTÖKERROIN TUOTANTOKESKEYTYKSET

	(MWh) Brutto	(%)	
Tammikuu	538135.7	98.4	A=412 L6 KORJAUS
Helmikuu	487880.4	98.8	B-VÄLITULISTIMEN SÄÄTÖKOE
Maaliskuu	534351.4	97.8	JA PIENI SÄHKÖNTARVE
Huhtikuu	498471.1	94.2	C-COAST-DOWN
Toukokuu	225856.2	41.3	D-POLTTOAINEVUODON ETSINTÄ
Kesäkuu	200642.4	37.9	E-PIENI SÄHKÖNTARVE
Heinäkuu	505818.1	92.5	F-POLTTOAINEENVAIHTO
Elokuu	539019.1	98.6	G-TURPIININ SÄÄTÖVENTTIILIN
Syyskuu	525829.6	99.2	KORJAUS
Lokakuu	543455.2	99.4	
Marraskuu	529125.6	100.0	
Joulukuu	546920.8	100.0	

TVO 2 KÄYTTÖ 1986

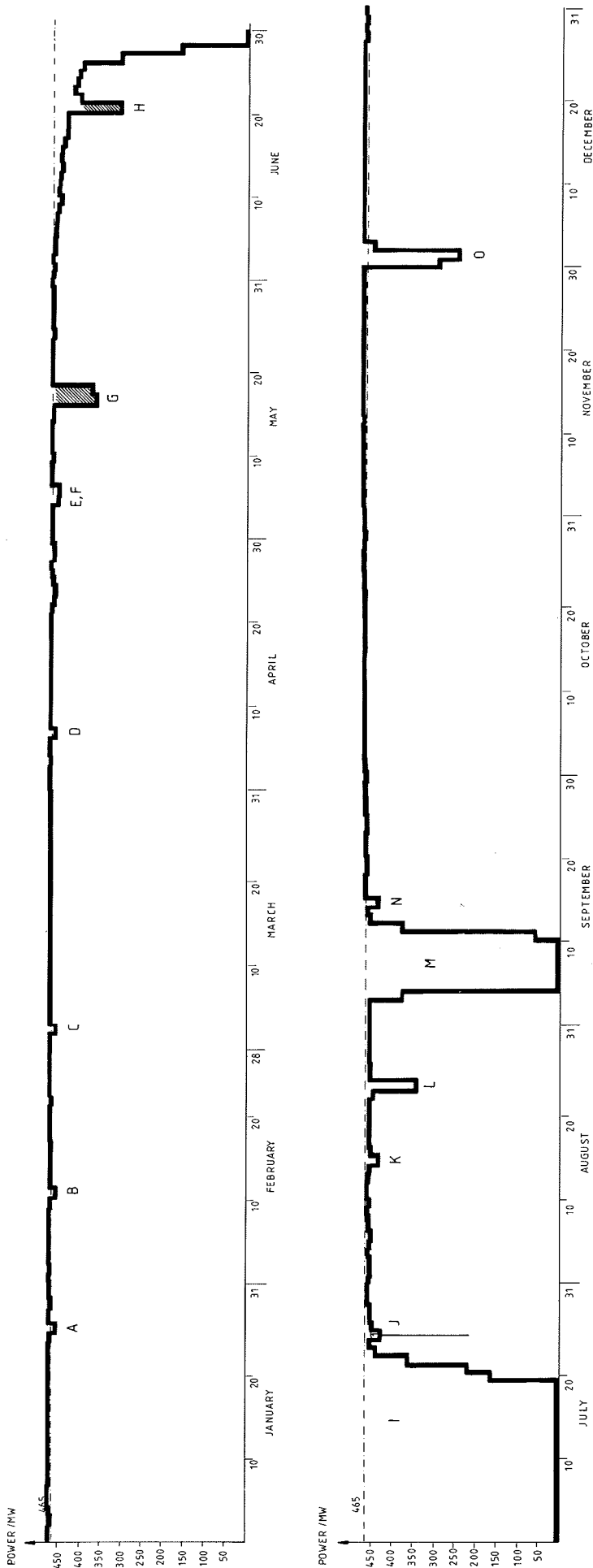
Teho (MW) Brutto



ENERGIATUOTANTO ENERGIÄKÄYTTÖKERROIN TUOTANTOKESKEYTYKSET

	(MWh) Brutto	(%)	
Tammikuu	548320.1	100.3	A-VÄLITULISTIMEN SÄÄTÖKOE
Helmikuu	494974.0	100.2	B-POLTTOAINEVUODON ETSINTÄ
Maaliskuu	543717.5	99.6	C-PIENI SÄHKÖNTARVE
Huhtikuu	522280.7	98.7	D-COAST-DOWN
Toukokuu	507102.3	92.7	E-POLTTOAINEENVAIHTO
Kesäkuu	256311.7	48.4	F-VÄLITULISTIMEN MIESLUUKUN
Heinäkuu	509773.0	93.2	TIIVISTEVUODON KORJAUS
Elokuu	539436.3	98.6	
Syyskuu	527263.6	99.5	
Lokakuu	544756.8	99.6	
Marraskuu	527764.3	99.7	
Joulukuu	541387.9	99.0	

LOVIISA 1 OPERATION HISTORY 1986



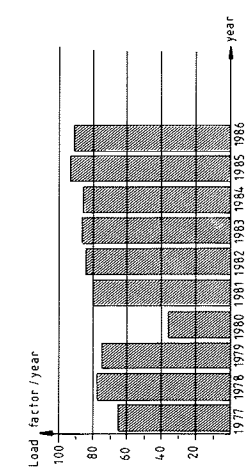
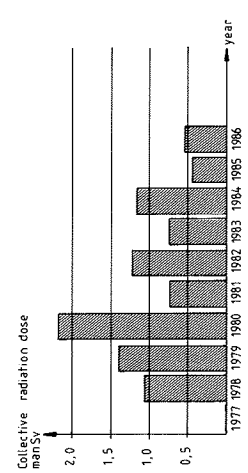
ENERGY GENERATION STATISTICS ASSUMING 465 MW = 100 %

Month	MWh	Load factor / month
January	349 756	101.1
February	315 357	100.9
March	348 805	101.0
April	336 815	100.6
May	343 365	99.2
June	284 736	85.0
July	114 991	33.2
August	336 103	97.2
September	252 321	75.3
October	347 939	100.6
November	336 792	100.6
December	338 338	97.8
Total 1986 =	3 705 318	91.0

Time availability = 92.4 %
 Losses due to load following about 7 000 MWh
 Load factor without load following 91.1 %

EXPLANATIONS

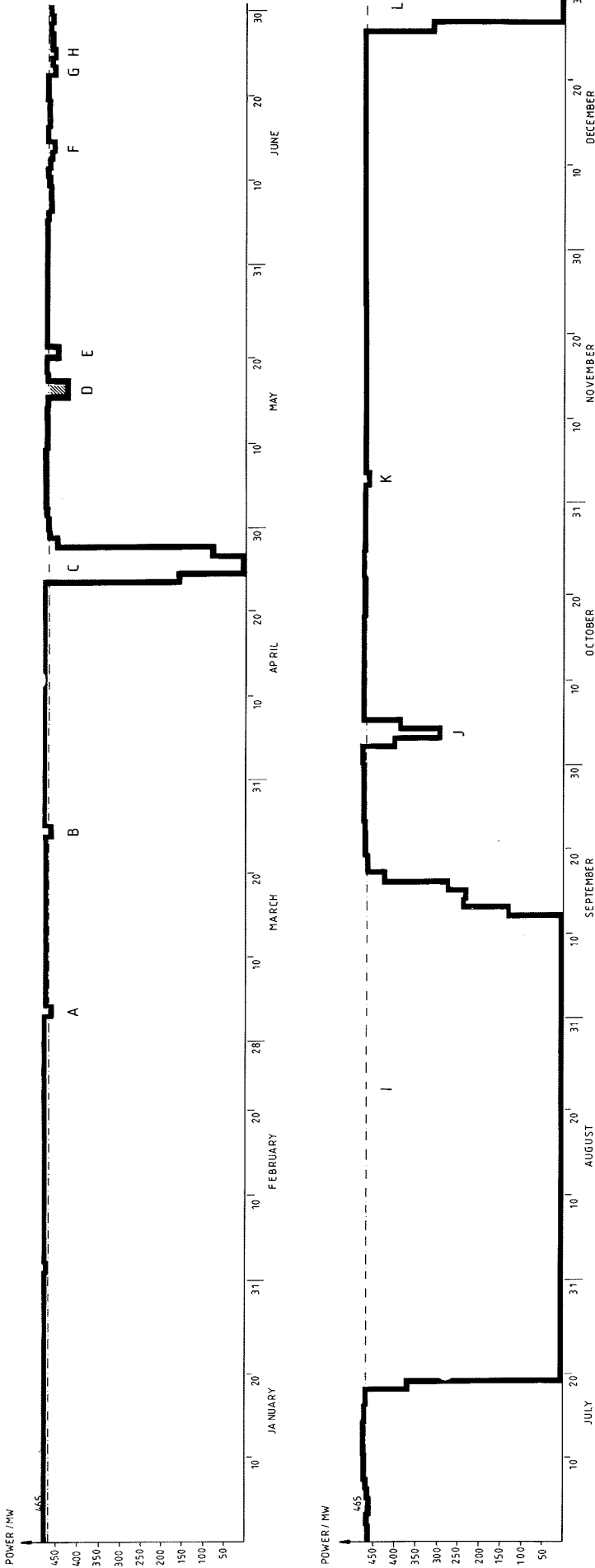
- A, B, C, D, F Repair of condenser leakage
- E Trip of one PCP
- G, H Load following
- I Annual maintenance and refueling (21 days)
- J Turbine trip
- K Repair of condenser cleaning ball system
- L Repair of generator breaker
- M Exchange of one PCP and corrections of administrative procedures
- N Control rod drop
- O Leakage in the pipeline to the superheater



IMATRAN VOIMA OY		2.1.1987 PELÄ
LOVIISA NPS		RAH
LOVIISA 1 OPERATION HISTORY		RAH
1.1. - 31.12.1986		RAH
K.LO3.L01.866.010		A

Refueling period collective radiation dose 0.48 manSv
 Total 1986 collective radiation dose 0.54 manSv

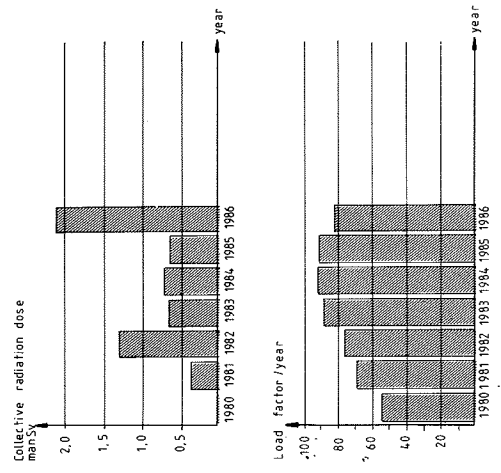
LOVIISA 2 OPERATION HISTORY 1986



ENERGY GENERATION STATISTICS ASSUMING 465MW = 100%

Month	MWh	Load factor / month
January	347 999	100,6
February	314 052	100,5
March	346 774	100,4
April	296 262	88,5
May	343 713	98,4
June	331 697	99,1
July	206 408	59,7
August	0	0,0
September	174 860	52,2
October	336 108	97,2
November	333 760	99,7
December	304 147	87,9
Total 1986 =	3 335 780	81,9

Time availability = 83,0 %



Losses due to load following about 2 300 MWh
Load factor without load following 81,9 %

EXPLANATIONS

- Power given as daily average
- Turbine trip to zero load
- Trip of one TG the other one on line
- Reactor trip
- Reactor trip (test or low power)
- Load following

- A, B, F, H, K Repair of condenser leakage
- C Cold shut-down due to valve leakage
- D Load following
- E, G Trip of one PCP
- I Annual maintenance and refuelling (55 days). Corrections of administrative procedures
- J Repair of generator bearing
- L Cold shutdown due to repair of non-return valves of feedwater lines

IMATRAN VOIMA OY		2.1.1985 PELA
LOVIISA NPS OPERATION HISTORY		KAIH
1.1. - 31.12.1986		2.1.1986
ISSUE	REVISION	DATE
KLO3.LO2.866.007		A

Magneettiventtiilien toimintahäiriöistä

TVO-ydinvoimat olivat käyneet ongelmitta usean vuoden ajan ja sama häiriötön käyttö oli jatkunut kesäseisokkien 1985 jälkeen. TVO I -laitoksella tapahtui kuitenkin syyskuussa 1985 reaktoripikasukku, josta aiheutui runsaan vuorokauden seisokki.

Pikasulun yhteydessä havaittiin yhdessä reaktoripaineastian ylipainesuojaukseen ja paineensäätöön tarkoitetussa venttiilissä toimintahäiriö. Näitä venttiileitä on kullakin laitoksella 12 kappaletta. Toimintahäiriöllä ei ollut vaikutusta pikasulun kulkuun.

Kyseisillä varoventtiileillä on kaksinkertainen ohjaus: ne avautuvat joko sähköisesti magneettiventtiilin avulla tai korkeasta paineesta pilottiventtiilin avulla. Normaalisti magneettiventtiili ohjaa varoventtiilin toimintaa pikasulkuihin liittyvässä paineensäädössä.

Varoventtiilin toimintahäiriön syyksi todettiin vika magneettiventtiilissä. Painepilottiventtiili todettiin toimintakuntoiseksi, joten varoventtiili olisi toiminut todellisessa ylipainetilanteessa.

Venttiilin toimintahäiriön vuoksi tarkastettiin muutkin TVO I-laitoksen magneettiventtiilit ennen laitoksen uudelleen käynnistämistä. Myös TVO II -laitoksen venttiilien toiminta koestettiin.

Seuraavassa esitetään niitä toimenpiteitä, joita venttiilivian vuoksi jouduttiin suorittamaan.

Ensimmäiset toimenpiteet

Kun magneettiventtiilit avattiin, niistä löytyi korroosiotuotteita, jotka olivat ilmeinen syy toimintahäiriöihin. Koska oli tärkeää saada venttiilit nopeasti toimintakuntoiseksi suoritettiin seisokin aikana seuraavat toimenpiteet:

- todettiin häiriöiden syy
- vaihdettiin korrodoituneet osat uusiin tai kunnostettuihin
- huollettiin venttiilit muutenkin perusteellisesti
- laadittiin ohjelma, jonka mukaisesti venttiilien toimintakuntoisuutta testataan ja valvotaan jatkossa.

Välittömästi ryhdyttiin myös selvittämään, miksi tällaisia häiriöitä syntyi näinkin monen käyttövuoden jälkeen. Erityisesti yritettiin selvittää, mitä muutoksia on tapahtunut venttiilien huollossa, käytössä, varaosissa jne. Mm. seuraavia asioita tutkittiin:

- selvitettiin venttiilien kunnossapito- ja käyttöhistoria
- käytiin läpi varaosatoimitukset
- toimitettiin VTT:n tutkittavaksi korrodoituneita osia ja korroosiotuotteita
- otettiin yhteyttä venttiilivalmistajaan ja laitostoimittajaan. Pyydettiin näiden käsitystä häiriön syistä ja tarvittavista rakennemuutoksista
- selvitettiin muilla laitoksilla käytettäviä venttiileitä ja niiden käyttökokemuksia.

Säteilyturvakeskusta pidettiin luonnollisesti koko ajan tilanteen tasalla.

Toimintahäiriöiden syyt

Lähes vastaavatyypisiä toimintahäiriötä oli todettu kahdella ruotsalaisella laitoksella. Muualla ei saatujen tietojen mukaan vastaavaa oltu tavattu.

Osoittautui, kuten usein tällaisissa tapauksissa, että toimintahäiriöt aiheutuivat usean pienen tekijän yhteisvaikutuksesta. Alusta asti oli selvää, että pääsyyinä oli korrosio, mutta paljon päänvai-vaa aiheutti, miksi vaikeuksia syntyi vasta tässä vaiheessa.

Magneettiventtiilin ankkuri on magneettisena materiaalina altis korroosiolle. Ankkuri oli suojattu korroosiota vastaan nikkelipäälysteellä. Laboratoriokokeet osoitivat kuitenkin, että suojakerros toimi hyvin vain niin kauan kuin se pysyi täysin ehjänä. Jos se oli päässyt rikkoutumaan, esimerkiksi naarmuuntumalla tai kulumalla, korrosio eteni nopeammin kuin kokonaan ilman suojausta. Näin löytyi heti kaksi häiriösyitä: korrosiosuojaus ei ollut riittävä ja kyseisten osien vaihtoväli oli ilmeisesti liian pitkä.

Kolmantena syynä todettiin, että venttiilivalmistaja oli muuttanut jokin aika sitten huolto-ohjelmaansa siten, että ankkureita oli ryhdytty voitelemaan venttiilien nopean avautumisen varmistamiseksi. Jos voiteluainetta käytettiin liikaa, mikä saattoi olla täysin mahdollista, se aikaansai yhdessä korroosiotuotteiden kanssa massan, joka vaikeutti ankkurin liikettä.

Neljäntenä syynä havaittiin laboratorio-kokeissa venttiilin liikkuvien osien mittatoleranssien olevan sellaisia, että tietyt sisäosakombinaatiot eivät välttämättä sopineet yhteen. Tästä aiheutui mm., että nikkelinen suojakerros saattoi nopeasti hankautua rikki venttiilin avautuessa ja sulkeutuessa.

Jatkotoimenpiteet

Häiriösyiden perusteella voitiin helposti päätyä seuraaviin lyhyen tähtäyksen toimenpiteisiin:

- ankkurin geometriaa ja mittatoleransseja parannettiin
- nikkelikerros jätettiin kokonaan pois. Samalla lyhennettiin korrodoituvien osien vaihtoväliä
- voiteluaineet jätettiin kokonaan pois.

Näin modifioidut sisäosat vaihdettiin TVO I -laitoksen magneettiventtiileihin marraskuussa ja TVO II -laitokselle jouluna 1985. Venttiilejä koestettiin sen jälkeen viranomaisten kanssa sovitun ohjelman mukaisesti. Venttiilit toimivat hyvin.

Pitemmällä tähtäyksellä pyrittiin löytämään venttiilin sisäosille paremmin korroosiota kestävä materiaalikombinaatiot. Materiaalien soveltavuus varmistettiin laboratorioskokeilla.

Polttoaineenvaihtoseisokeissa kesällä 1986 magneettiventtiilit avattiin ja ne todettiin hyväkuntoisiksi. Korroosiota ei enää ollut merkittävästi tapahtunut. Tästä huolimatta venttiileihin vaihdettiin uudet sisäosat, joiden rakenne oli verifioitu laboratorioskokeissa.

Seisokkien jälkeen tehdyissä koestuksissa venttiilit ovat toimineet hyvin.

Loppupäätelmä

Venttiiliiongelman selvittäminen teetti monilla tahoilla runsaasti töitä koko vuoden ajan. Työtä kuitenkin helpotti suuresti eri osapuolten välinen hyvä yhteistyö sekä kaikkien asiallinen suhtautuminen ongelmaan.

Tapahtumat opettivat paljon. Päällimmäisenä opetuksena lienee, että vaikka on kysymys pitkään hyvin toimineista laitteista, on niiden toimintaan ja niille suoritettaviin toimenpiteisiin aina kiinnitettävä riittävästi huomiota. Muutoksiin, koskivat ne sitten varaosien rakennetta, venttiilien huoltoa tai käyttöä, on aina suhtauduttava kriittisesti. □

Ydinjätehuollon tutkimukset vuonna 1987

Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta YJT), joka koordinoi Imatran Voima Oy:n (IVO) ja Teollisuuden Voima Oy:n (TVO) ydinjätetutkimuksia, toimitti syyskuussa kauppa- ja teollisuusministeriölle vuoden 1987 tutkimusohjelman.

Valtioneuvoston periaatepäätös vuodelta 1983, ydinvoimalaitosten käyttöluopaehdot ja edellisten vuosien tutkimustulokset luovat perustan vuoden 1987 ydinjätetutkimuksille.

IVO ja TVO rakentavat voimalaitosjätteilte erilliset loppusijoitustilat laitospaikoille Hästholmeniin ja Olkiluotoon. Loppusijoitustiloja koskevat alustavat turvallisuusselosteet valmistuvat vuoden 1986 aikana ja tulevat tutkimukset keskittyvät loppusijoitustilojen rakentamiseen ja tilojen sulkemiseen liittyviin selvityksiin. Näiden selvitysten lisäksi jatkuvat aikaisemmin käynnistyneet pitkäaikaiset voimalaitosjätteen tutkimukset. Näitä ovat mm. kiinteitetyn jätetuotteen tutkimukset Loviisassa, Olkiluodon voimalaitoksen bitumoidun jätteen kokeet sekä voimalaitosjätteestä vapautuvien radionuklidien kulkeutumista selvittävät tutkimukset ja pienoismallikokeet.

Valtioneuvoston periaatepäätöksen mukaisesti vuoden 1987 loppuun mennessä laaditaan voimalaitosten käytöstäpoist selvitykset. Vuonna 1987 tehtävän työn tavoitteena on täydentää olemassa olevia alustavia selvityksiä mm. purkamistyön ja purkujätteiden loppusijoituksen osalta sekä tehdä turvallisuusanalyysit purkujätteiden loppusijoitukselle.

Käytetyn polttoaineen huoltoon liittyvät tutkimukset koskevat Olkiluodon voimalaitosten käytettyä polttoainetta ja painottuvat loppusijoitustutkimuksiin. Vuoden 1986 alussa käynnistyi uusi tutkimusvaihe, jonka keskeisenä tavoitteena on alustavien paikkatutkimusten suorittaminen useilla alueilla vuoden 1992 loppuun mennessä. Tähän liittyen on vuoden 1987 aikana tavoitteena käynnistää kenttätutkimukset kahdella tutkimusalueella. Tutkimusalueilla selvitetään kallioperän rakennetta, hydrogeologisia ja geokemiallisia ominaisuuksia sekä kivilajikoostumusta. Yhden tutkimusalueen kokeet kestävät runsaat kaksi vuotta. Vuoden 1987 aikana jatketaan paikkatutkimuksia sivuavia yleisiä kallioperän selvityksiä ja uusien kenttätutkimuslaitteiden suunnittelua ja rakentamista.

Käytetyn polttoaineen turvallisuustutkimuksissa on vuoden 1986 aikana kehitetty turvallisuusanalyysin laskentamalleja aiempaa realistisemmiksi. Vuoden 1987 aikana mallien kehitystyö jatkuu edelleen ja samalla pyritään käyttämään ensimmäistä

maisista tutkimusalueista saatavia tietoja pohjavesivirtausten laskentamalleissa. Lisäksi tarkennetaan turvallisuusanalyysissä käytettäviä lähtötietoja teoreettisten tutkimusten ja laboratoriokokeiden avulla.

Vuoden 1987 aikana osallistutaan edelleenkin kansainväliseen Stripa-projektiin, jonka III vaihe käynnistyi syksyllä 1986. Projektissa jatkuvat ydinjätteiden loppusijoitustekniikkaan ja turvallisuuteen liittyvät kokeet sekä rakoilleen, kiteisen kallioperän tutkimusmenetelmien kehittäminen.

Ydinjätetoimikunnan tutkimusten kokonaiskustannuksiksi vuonna 1987 on arvioitu 27,2 milj. mk. IVO:n osuus tästä on 5,9 milj. mk ja TVO:n 21,3 milj. mk. Kustannukset sisältävät voimayhtiöiden oman työpanoksen, jonka suuruudeksi IVOssa on arvioitu 8,8 henkilötyövuotta ja TVO:ssa 9,8 henkilötyövuotta. Tutkimuslaitosten ja korkeakoulujen kanssa tehtävien tutkimussopimusten kustannuksiksi on arvioitu 6,4 milj. mk. Muiksi kustannuksiksi on YJT-ohjelmassa arvioitu 14,3 milj. mk. Tähän summaan kuuluvat mm. kenttätutkimusten kustannukset sekä kansainvälisiin projekteihin osallistumisesta aiheutuvat kustannukset. Tutkimuksiin osallistuvat Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Geologian tutkimuskeskus, Helsingin yliopisto ja Helsingin teknillinen korkeakoulu sekä konsulttiyritykset. □

Fragments

- Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunnan järjestämässä tiedotustilaisuudessa 19.11. kävi selvillä mm. se, että 13 % suomalaisista uskoo turvallisen ydinjätteiden loppusijoittamisen olevan mahdollista. IVO ja TVO toimittavat matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitusta koskevat alustavat turvallisuusselosteet (PSAR) viranomaisten tarkastettavaksi vielä tämän vuoden aikana. Voimayhtiöt katsovat, että tutkimukset on nyt suoritettu ja on aika ryhtyä rakentamisen valmisteluihin. Louhinta alkaisi noin vuoden kuluttua eli 1988 alussa.
- Ruotsin hallitus on hylännyt Studsvikin hakemuksen länsisaksalaisen matala- ja keskiaktiivisen jätteen varastoisesta 10—15 vuodeksi. Kyseessä olisi sydänkomponenttien, ei käytetyn polttoaineen, varastointi. Saksalaisten varasto ei ole vielä valmis ja Studsvikin kalliovarastossa olisi hyvää tilaa tyhjillään vuoteen 2010 asti. Studsvik pahoittelee rahakkaan kaupan ohisuunmenoa.
Nucleonics Week 11.12.

Koulutussimulaattorin simulointitietokoneiden uusinta

Imatran Voima Oy ja Oy Nokia Ab Informaatiojärjestelmät ovat 5.11.1986 tehneet hankintasopimuksen Loviisan koulutussimulaattorin simulointitietokonejärjestelmän uusinnasta.

Samalla uusitaan myös osa ohjelmistosta, kouluttajan järjestelmä ja automatiikat. Hankkeen kokonaiskustannusarvio on vajaat 10 miljoonaa markkaa.

Nykyisten simulointikoneitten ohjelmistoa on parannettu kuuden käyttövuoden aikana johtuen laitosmuutoksista sekä koulutuksen ja muun käytön tarpeista. Tä-

män johdosta simulointitietokoneiden kapasiteetti on alkanut oleellisesti rajoittaa jatkokehitystä.

Tietokoneiden uusinnalla pyritään luomaan edellytyksiä parempaan ylläpitoon ja kehittämiseen myös tulevaisuudessa.

Hanke jakautuu kahteen osaan. Ensimmäisessä vaiheessa käytetään väliaikaista tietokoneratkaisua, joka perustuu DEC:n VAX8200 ja VAX8300 tietokoneisiin. Tämä vaihe päättyy syyskuussa 1987 ja syksyn 1987 simulaattorikoulutus on tarkoitus suorittaa uusilla simulointikoneilla. Toisessa vaiheessa, joka alkaa lokakuussa 1987 ja päättyy syyskuussa 1988, siirry-

tään lopulliseen tietokoneratkaisuun, joka voi olla VAX8550 tai suorituskyvyllään vastaavan kokoinen tietokone ja vaiheen 1 koneet siirtyvät PTK-projektille.

IVO osallistuu projektiin noin kolmen henkilövuoden työpanoksella. IVO vastaa mm. automatiikkojen ohjelmoinnista sekä valvomon- että prosessitietokonejärjestelmän liittämisestä uuteen simulaattoriin.

Toteutusta varten muodostetaan IVOon projektiryhmä, joka koostuu sekä Loviisan että pääkonttorin edustajista. Projektipäällikkönä IVOssa on Ulf Lindén. □

Heikki Kosonen, IVO

Suomen voimahuolto ja yhteiskäyttö

Suomen sähköhuolto on hallinnollisesti hajautettu ja sähköntuotannosta vastaavat

- valtion voimayhtiöt Imatran Voima Oy, Kemijoki Oy ja Oulujoki Oy
- omaan tarpeeseen sähköä kehittävät teollisuusyritykset ja pääasiassa näiden omistamat voimayhtiöt kuten Teollisuuden Voima Oy, Pohjolan Voima Oy, Kotkan Höyryvoima ja Länsirannikon Voima Oy sekä
- kunnalliset energialaitokset ja maankunnalliset yhtiöt kuten Helsinki, Tampere, Espoo, Vantaa ja muut suurimmat kaupungit ja Etelä-Pohjanmaan Voima Oy.

Joissakin tuottajayhtiöissä omistajia on useasta mainitusta ryhmästä.

Valtion voimayhtiöiden yhteenlaskettu osuus koko maan sähköntuotannosta on noin 40—45 %, teollisuuden vastaavasti

35—40 % ja muiden sähkölaitosten 15 %. Yhteiskäytöstä sekä sähkön tuonnista ja viennistä naapurimaiden Ruotsin ja Neuvostoliiton kanssa huolehtii Imatran Voima Oy. Myös eräät paikalliset sähkölaitokset tuovat sähköä omalle jakelualueelleen.

Sähkön siirrosta voimalaitoksilta asiakkaille ja osakkaille huolehtivat verkkoyhtiöt. Näitä ovat Imatran Voima Oy, joka omistaa koko maata kattavan 400 kV kantaverkon, Pohjolan Voima Oy, Etelä-Suomen Voima Oy, Etelä-Pohjanmaan Voima Oy ja Oy Nokia Ab.

Sähkön jakelusta huolehtii 170 jakelulaitosta, joista pääosa on kunnallisessa omistuksessa. Myös teollisuuden verkkoyhtiöt ja teollisuusyritykset hoitavat jakelua joillakin paikkakunnilla.

Yhteiskäytöllä tarkoitetaan sähköntuotannossa samaan sähkönsiirtojärjestelmään

liitettyjen voimalaitosten hetkittäisen ja pitkän aikavälin käytön järjestämistä siten, että sähkö tuotetaan edullisimpia käytettävissä olevia tuotantomuotoja ja koneistoja käyttäen omistussuhteista riippumatta.

Yhteiskäyttö voi siis olla kahden tai useamman tuotantoyksikön, voimalaitoksen, yrityksen, verkkoryhmän tai maan välistä yhteistyötä.

Yhteiskäyttö on edullisempaa kuin erilliskäyttö, koska

- varavoimakapasiteetin tarve vähenee
- säätö- ja häiriöreservin kustannuksia säästetään
- sähkö tuotetaan kunakin hetkenä edullisimmalla voimalaitoksella omistajista riippumatta, jolloin eri tuotantolajien sähkötase tasapainotetaan tuottajien välisellä sähkön lyhytaikaisella kaupalla

— verkoston kokonaiskustannuksia säädetään, kun yhteiskäytön ja sähkön jatkuvan siirron vaatimat siirtotarpeet yhdistetään.

Yhteiskäyttöä säätelee laaja sopimusjärjestelmä, STYV-84, joka on solmittu Suomen Sähköntuottajien Yhteistyövaltuuskunnan puitteissa.

STYV-84 käsittää seuraavat asiakirjat:

- STYV-sopijaosapuolten (Imatran Voima Oy, Teollisuuden Sähköenergiailiitto r.y., Suomen Sähkölaitosyhdistys r.y.) välillä solmittu puitesopimus
- Verkkoyhtiöiden välillä solmittu monenkeskinen ryhmäsopimus
- verkkoyhtiöiden ja sähköntuottajien kesken solmittu yhteiskäyttö sopimus ja
- yhteiskäyttö säännökset, joihin yhteiskäyttö osapuolet keskinäisessä yhteiskäytössä sitoutuvat.

Yhteiskäytön sopimusjärjestelmä määrittelee varavoimakapasiteetin, taajuudensäätö- ja häiriöreservit sekä yhteiskäyttöä varten tarvittavat verkkopalvelut ja niiden kustannukset.

Sopimusjärjestelmä määrittelee myös jokaisen tuottajan osuuden koko järjestelmän varavoimasta, taajuudensäätöreservistä ja häiriöreservistä sekä verkkopalveluista suoritettavat maksut. Tuottajat ovat velvollisia auttamaan muita tuottajia häiriötilanteissa.

Lisäksi on sovittu siitä, millä tavoin tuottajat käyvät keskenään lyhytaikaista sähkökauppaa. Tavoitteena on jatkuvasti käyttää edullisimpia voimalaitoksia. Kalliimpaa tuotantoa korvataan siten halvemmalla ja tuottajat sopivat keskenään korvaamisen edellyttämästä sähkönvaihdosta.

Imatran Voiman käytönvalvonta

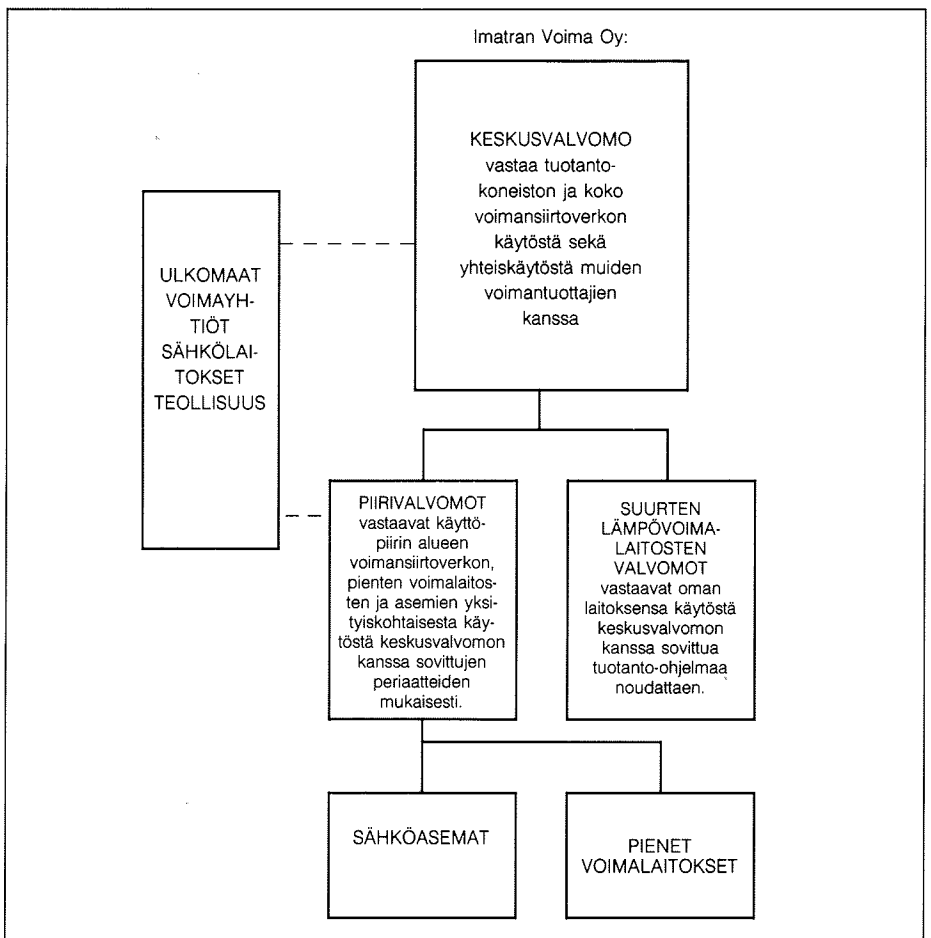
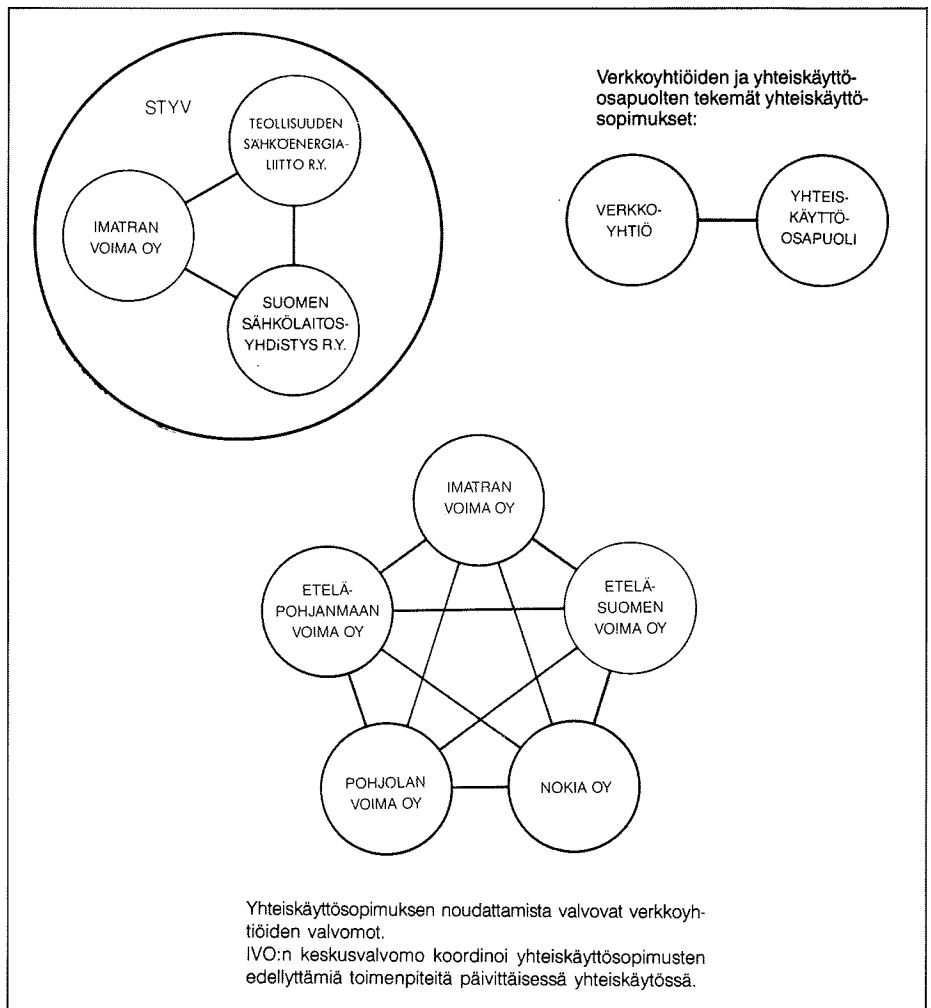
Päivittäisestä sähkövoimajärjestelmän käytönvalvonnasta, ts. käytön suunnittelusta, ohjauksesta ja seurannasta, vastaa yhtiön keskusvalvomo, piirivalvomot ja suurten lämpövoimalaitosten valvomot. Kaaviossa on esitetty eri tasoilla olevien valvomoiden tehtävät sekä yhteydet muihin yksiköihin.

Keskusvalvomossa on jatkuva kolmivuoropäivystys ja lisäksi käytön suunnittelu- ja johdosta vastaava henkilöstö. Piirivalvomoissa on tuotantokoneiston ja tehtävien mukaan kolmi-, kaksi- tai yksivuoropäivystys. Kaikki sähköasemat ja kaasuturpiinilaitokset sekä pääosa vesivoimalaitoksista ovat miehittämättömiä.

Keskusvalvomojärjestelmä

Keskusvalvomon tiedonsiirtojärjestelmä yhdistää piirivalvomot keskusvalvomoon. Järjestelmän päätehtävät ovat

- siirtää mittaus- ja tilatietoja piirivalvomoista esikäsitteilyn kautta keskusvalvomon tietojenkäsittelyjärjestelmään sekä keskusvalvomon näyttötalulle



— siirtää kaasaturpiinien ja muun tuotantoreservin sekä jännitteensäätöautomaatiikan ohjauskäskyjä ja ohjearvoja keskusvalvomosta piirivalvomojärjestelmiin.

Piirivalvomoista siirretään keskusvalvomon noin 850 mittaustietoa ja noin 2 200 tilatietoa (v. 1986 alussa) noin joka kymmenes sekunti. Keskusvalvomosta kauko-ohjataan piirivalvomojärjestelmien kautta yhteensä noin 15 kohdetta ja lähetetään kymmenisen ohjearvoa. Tiedot siirretään IVOn omilla radiolinkeillä ja voimajohtojen kantoaaltoyhteyksillä.

Keskusvalvomon tietojenkäsittelyjärjestelmä muodostaa käyttäjälle käytönvalvonnan tarvittavat tiedot. Tavanomaisten perustoimintojen lisäksi järjestelmään kuuluu käyttötalouden ja käyttövarmuuden suunnittelua, valvontaa ja ohjausta

tukevia toimintoja. Järjestelmän toimintoihin sisältyvät

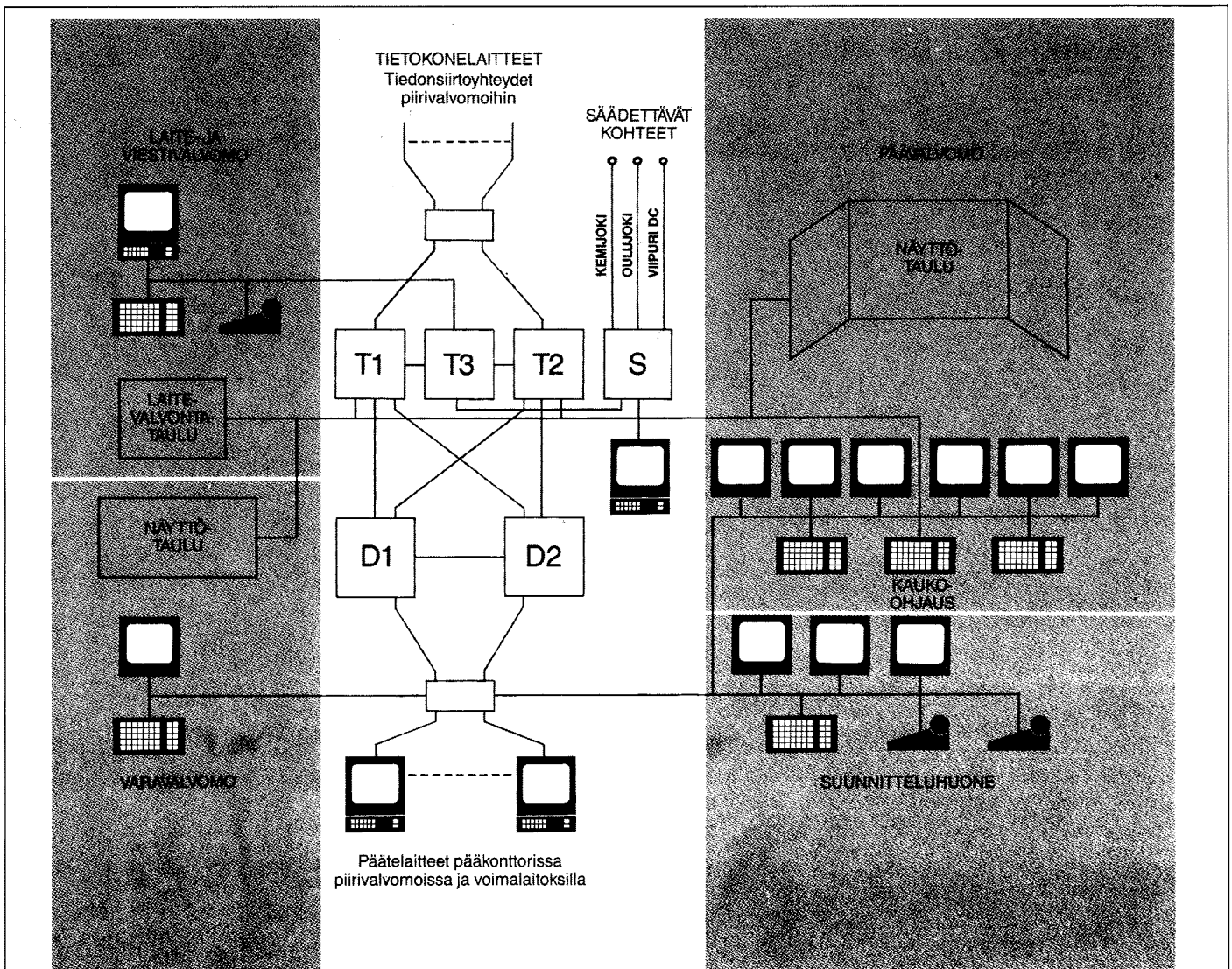
- perustoiminnot, kuten tiedonkeruu, raja-arvo ja tilavalvonta sekä tapahtumakäsittely, laskentatoiminnot, talletustoiminnot ja raportointi
- tilaestimointi, jolla tuotetaan voimajärjestelmän tilaa vastaavat ristiriidattomat lähtötiedot jatkosovelluksille
- kulutusennusteiden laskenta ja tuotannon suunnittelulaskenta
- käyttäjän tehonjakolaskenta simulointimahdollisuuksineen.

Keskusvalvomossa on useita tietojenkäsittelyjärjestelmään liittyviä työpisteitä, joiden laitteistona ovat värinäyttöpäätteet, ohjauspainikkeisto, kuvien kopiointilaitteet ja raporttikirjoittimet. Myös pääkonttori, piirivalvomot ja suurten lämpö-

voimalaitosten valvomot on liitetty järjestelmään suppeatoimintoisimmin työasemin.

Värinäyttöpäätteille on valittavissa suuri joukko erilaisia kaavioita, taulukoita ja kuvaajia. Yleisnäyttöjen — esim. kantaverkon kytkentätila ja kuormitus, tuotannon jakautuminen — lisäksi voidaan tarkastella vaikkapa jonkin käyttöpiirin alueen tilannetta tai jonkin sähköaseman yksityiskohtaista kytkentätilaa tai tietojenkäsittelyjärjestelmän suorittamien laskelmien tuloksia. Hetkellisten tietojen lisäksi voidaan näyttöihin valita myös edellisen viikon historiatietoja tai seuraavan viikon suunnitelmia.

Keskusvalvomon sijoitettu keskussäätäjä ohjaa automaattisesti tiettyjä voimalaitoksia halutun tehotasapainon ylläpitämiseksi. □



Tiedonsiirtojärjestelmään kuuluu kolme samantyyppistä PDP-tietokonetta (T1, T2, T3). T1 ja T2 toimivat toisiaan varmistavina tietoliikenteen keskuskoneina, joihin piirivalvomojärjestelmien ja tietojenkäsittelyjärjestelmän lisäksi on kytketty osa valvomolaitteistosta. Kolmatta tietokonetta käytetään televalvonta- ja ylläpitotehtäviin, ja se on lisäksi käsin kytkettävissä T1- tai T2- koneen tilalle.

Tietojenkäsittelyjärjestelmään kuuluu kaksi Mod-comp-tietokonetta (D1, D2), joista toinen on pääkone ja toinen varakone. Pääkone suorittaa reaaliaikatehtäviä ja sovellutusohjelmia, kun taas varakone on käytettävissä ohjelmistokehittelyyn, järjestelmäylläpitoon ja eräisiin sovelluksiin. Kun pääkone vikaantuu varakone ottaa automaattisesti pääkoneen tehtävät.

Loviisan voimalaitoksen valmiusharjoitukset

Loviisan voimalaitoksella on järjestetty valmiusharjoituksia vuosittain koko käytön ajan. Valmiusharjoitusten tarkoituksena on harjoituttaa ja testata voimayhtiön, nyttemmin myös Säteilyturvakeskuksen ja pelastuspalvelun yhteistoiminta-alueen johtoryhmän, valmiutta hätätilanteisiin ohjeiston, laitteiston, organisaation ja koulutuksen osalta.

Ennen kutakin valmiusharjoitusta valmiusorganisaatiolle on järjestetty koulutusta valmiussuunnitelmasta, johtokeskuksen toiminnasta, säteilymittauksesta, ympäristöannosten laskennasta sekä harjoituksen läpiviemisestä. Myös hälyttämistä sekä valmiusorganisaation ja muun henkilöstön kokoontumista on harjoitettu. Vuoden 1983 valmiusharjoitus taltioidiin videolle koulutusmateriaaliksi. Edelleen voidaan katsoa mm. säteilyvalvonta-, ensiapu-, palo-, pelastuspalvelu- sekä valvomon hätätilannekoulutuksen tukevan valmiuskoulutusta.

Valmiustoiminnasta tiedotetaan voimalaitosalueella työskenteleville perehdytyskoulutuksesta lähtien. Käyttöhenkilökunnalle on jaettu tiedote "Yleisohjeet ydinnettomuuden varalta". Tilapäiselle henki-

Eri organisaatiotasojen toimintaa hätätilanteissa harjoitellaan seuraavasti:

ORGANISAATIO	TOIMINTAHARJOITUS	TAAJUUS
Valvomo-operaattorit Imatran Voima Oy Viranomaiset	Simulaattorikoulutus Valmiusharjoitus Pelastuspalveluharjoitus	8 . . . 10 pv/vuosi 1/vuosi 1978, 1983, . . .

lökunnalle jaettavaan oppaaseen "Revisiotietoa" on sisällytetty yleisohjeet laitoksella annettavien hälytysten varalta. Laitoksella on hälytysmerkeistä kertovia ohjetauluja. Kulkureitit valvotulta alueelta pois päin ja väestönsuojaan on merkitty.

OSANOTTAJAT

Valmiusharjoitukset on pidetty erillään simulaattorin hätä- ja häiriötilannekoulutuksesta sekä palo- ja pelastuspalveluharjoituksista. Valmiusharjoituksissa voidaan kuitenkin harjoitella yhteistoimintaa näidenkin organisaatioiden kanssa: vuosina 1984 ja 1986 harjoitusvalvomo lavastettiin koulutussimulaattorille ja vuosina 1985 ja 1986 pelastuspalvelun johtoryhmä osallistui valmiusharjoitukseen kokoontumalla suunnittelemaan väestönsuojelua. Vuonna 1983 pidettiin laaja viranomaisten pelastuspalveluharjoitus ja Loviisan voimalaitoksen valmiusharjoitus toisiinsa liittyen. Kaksi viikkoa pelastuspalveluharjoituksen jälkeen järjestetyssä Loviisan voimalaitoksen valmiusharjoituksessa oli

(ennalta ilmoittamatta) sama onnettomuuskuvaus ja viranomaisten pelastuspalveluharjoituksessa tekemät päätökset ja toimenpiteet olivat "harjoitusrekvisiitana". Myös palo- ja valmiusharjoitusten yhdistämistä on suunniteltu.

Tyypillisesti valmiusharjoitukseen osallistuu noin 20—40 "pelaajaa", 10 kouluttajaa tai valmistelijaa ja 10 tarkkailijaa. Koulutushyödyn optimoimiseksi näitä henkilöitä ja heidän rooliaan eri harjoituksissa vaihdetaan järjestelmällisesti.

Pelaavat organisaatiot

Valmiusorganisaation johto, valvomo, säteilymittauspartio ja radiokemian laboratorio ovat osallistuneet jokaiseen valmiusharjoitukseen. Harjaantumisen ja myönteisten kokemusten myötä harjoituksia on koulutuslaajuuden ja todellisuuden tunnun lisäämiseksi asteittain laajennettu: tiedotus on ollut mukana vuodesta 1984 lähtien, Säteilyturvakeskus on osallistunut toimisto- ja laitosryhmällään vuosina

Seuraavassa taulukossa on esitetty valmiusharjoituksiin osallistuneet henkilömäärät (pelaajat + kouluttajat + tarkkailijat) organisaatioyksiköittäin:

	1986	1985	1984	1983	1982	1981
Johtokeskus	7+2+7	7+2+8	7+2+8	8+7+8	8+2+8	9+2+4
Operaattorit	7+3+5	0+5+4	3+1+3	0+2	3+2	3+1
Säteilymittaus	4+2+1	4+2	4+2	4+2	4+2	4+2
Laboratorio	2+1	2+1	2+1	2+1	2+1	2+1
Toimenpideryhmä	3+1	5+1	2+1			
Pelastuspalvelu	9+1+2	6+1		(100+10+10)		
Tiedotus	1+2	1+1	1+1			
Pääkontt. tekn. tuki	6+1	4+1				
STUK-Loviisa	3	2	3			
STUK-Helsinki	4	4	4			
YHTEENSÄ	46+13+14	35+14+12	26+8+11	14+12+8 (100+10+10)	17+7+8	18+8+4

Näiden lisäksi harjoituksissa on myös muihin henkilöihin otettu yhteyksiä sekä annettu rajattuja tehtäviä.

1984—1986 ja Imatran Voiman pääkonttori vuosina 1985—1986 sekä Loviisan pelastuspalvelun yhteistoiminta-alueen johtoryhmä vuosina 1985—1986. Myös erilaisten selvitys- ja toimenpideryhmien osallistuminen on lisääntynyt. Pelaavien organisaatioiden määrän kasvaessa myös kouluttajien määrä on kasvanut.

Säteilyturvakeskuksen ja IVOn pääkonttorin osallistuessa valmiusharjoituksiin nopean, selkeän ja luotettavan tilannekuvan välittäminen on tiedostettu tärkeäksi. Tämän vuoksi vuonna 1985 otettiin käyttöön uusi yhteys Loviisan voimalaitoksen prosessitietokoneelta puhelinverkkoa pitkin STUKkiin ja IVOn pääkonttoriin.

Kouluttajat

Kouluttajien tehtävänä on harjoituksen tilannekuvauksen ja toteutuksen suunnittelu sekä harjoituspäivänä harjoituksen kulun ohjaaminen ja pelitietojen antaminen. Harjoitusta edeltävän viikon aikana kouluttajat käyvät yhdessä läpi harjoituksen toteutuksen.

Harjoituspäivänä valvomo- sekä säteilymittaus- ja laboratoriopartioiden kouluttajat syöttävät pelaajille etukäteissuunnitelman mukaisia tietoja onnettomuuden kulusta. Johtokeskuksen kouluttajat valvovat harjoituksen toteutusta. Tiedotuksen kouluttaja simuloi lehdistön ja yleisön taholta tulevaa kyselypainetta. ”Muu laitos”-kouluttajan tehtävä on luoda todellisuutta vastaava kuva yhteyksistä siihen osaan voimalaitoshenkilöstöä, joka muuten ei ole mukana harjoituksessa. Pääkonttorin ja aluehälytyskeskuksen kouluttajat tarkkailevat toimintaa voimalaitosorganisaation ulkopuolella.

Tarkkailijat

Harjoituksia seuraamaan on kutsuttu tarkkailijoita Säteilyturvakeskuksesta, Okiluodon ydinvoimalaitokselta, Atomivaikutuspoolista, Valtion teknisestä tutkimuskeskuksesta, Uudenmaan lääninhallituksesta, Sisäasiainministeriöstä sekä IVOn pääkonttorista. Usein valmiusorganisaation uusien henkilöiden valmiustoitinnan alkukoulutukseen kuuluu harjoituksen seuraaminen tarkkailijana.

Tarkkailijat ovat etukäteen perehtyneet harjoituksen onnettomuuskuvaukseen. Jotta tarkkailijat saisivat mahdollisimman paljon irti harjoituksesta on vuodesta 1984 lähtien harjoituksen tilannekuvauksessa ollut lista niistä valmiusorganisaation päätöksistä ja toiminnoista joihin tulisi kiinnittää erityistä huomiota; lisäksi vuosina 1984—1986 onnettomuustilanne on lavastettu simulaattorilla heille etukäteen.

Tarkkailijoiden läsnäolo omalta osaltaan luo suorituspaineita pelaavalle valmiusorganisaatiolle, mikä osittain korvaa tosittaneen stressin puuttumista. Harjoituksen jälkeen tarkkailijat raportoivat havainnoistaan ja esittävät parannusehdotuksia. Seuraamalla erilaisia onnettomuusharjoituksia ”vuoroin vieraisissa” -periaatteella eri osapuolet voivat kehittää onnettomuusvalmiuttaan.

ONNETTOMUUSKUVAUKSET

Sopivan onnettomuuskuvausten laatiminen on tärkeää harjoituksen onnistumisen kannalta. Toisaalta vikoja ja virheitä tulisi esiintyä vain kohtuullisessa määrin, jotta harjoitustilanne tuntuisi mahdollisimman realistiselta; toisaalta vikojen ja virheidten tulisi saada aikaan hätätilanne. Onnettomuuskuvausten lukuisten prosessiparametrien ja radiologisten suureiden tulisi olla koko harjoituksen keston ajan keskenään yhteensopivia. Tapahtumaketjun tulisi kuormittaa valmiusorganisaatio tasaisesti koko harjoituksen ajan. Harjoitustilanteesta tulisi syntyä selvityksiä ja neuvonpitoja edellyttäviä päätöksentekotilanteita. Valmiusharjoitusten kuviteltu onnettomuus on usein alkanut primääripiirin äkillisellä vuodolla, mikä on aiheuttanut reaktori- ja turpiinipikasulut sekä edelleen valtakunnan verkon menetyksen. Viat hätäjäähdytysjärjestelmissä ja dieselgeneraattoreissa ovat johtaneet tilanteen pahenemiseen ja polttoaineen vaurioitumiseen, jolloin huomattavia määriä jodia ja jalokaasuja on vapautunut suojarakennukseen. Tästä radioaktiivisuudesta lähtevä säteily osittain läpäisee kattorakenteet ja siroaa ilmasta ja aiheuttaa korkean säteilytason laitosalueella (skyshine-säteily). Primääripiirin veteen sitoutunut jodi nostaa säteilytasoja myös suojarakennuksen ulkopuolisessa reaktorirakennuksessa, esim. hätäjäähdytyspumppuhuoneessa. Kuvitellut suojarakennuksen vuodot lisäävät ympäristövaaraa.

Vaihtelemalla onnettomuuskuvausten luonnetta saadaan harjoituksiin lisää väriä. Alkutapahtumaksi voidaan valita heikentynyt merivesijäähdytys, tulipalo tai ulkoisen sähkönsyötön menetys. Ympäristön säteilyannoksiin vaikuttavia tekijöitä — skyshinesäteily, säätöla, jodi- ja jalokaasupäästöjä — on vaihdeltu niin määrän kuin aikakäyttämisen suhteen. On tärkeää tiedostaa, että hätätilanteiden vakavuuden aste vaihtelee laajasti.

Valmiusharjoitus on myös hyvä tilaisuus tuoda esiin uusien onnettomuusanalyysien tulokset ja uusien turvajärjestelmien opeointi ja vaikutus. Esimerkkejä tällaisesta ovat korkean alueen säteilymittarit, näytteenotto suojarakennuksen ilmasta ja primääripiirin vedestä, suojarakennuksen vedyn mittaus, kierrätys ja poltto, reaktorin kiehuvavaramittaus sekä höyrylinjojen eristys alhaisesta sekundääripiiriin paineesta.

SIMULAATTORIN KÄYTTÖ VALMIUSHARJOITUKSIIN

Simulaattorihjelmisto

Loviisan voimalaitoksella on koulutus-simulaattori, joka kuvaa laitosprosessin suurimmaksi osaksi. Normaalia käyttöä simuloivan ohjelmiston lisäksi simulaattorille on asennettu pienen vuodon kaksifaasitilannetta simuloiva SMABRE-ohjelmisto (small break). Tarkempaan simulointiin pääsemiseksi on tehty ISO SMABRE-ohjelmisto, jossa primääripiiri jaetaan useampiin osatilavuuksiin (noodeihin), mutta joka ei kuitenkaan pysty laskemaan reaaliajassa. Näitä malleja on jatkuvasti kehitelty.

Tilannekuvauksen suunnittelu

Valmiusharjoituksen tilannekuvauksen tulee olla realistinen hätätilanne. Eri prosessisuureiden aikakäyttämisen yhteensovittaminen on huomattavasti vaativampaa kuin jonkun ristiriidan löytäminen koko laitosta koskevassa onnettomuuskuvauksessa.

Simulaattorin avulla saadaan pitkäaikainen, laaja-alainen ja oletuksiin nähden realistinen onnettomuuskuvaus. Toisaalta simulaattoriajot ovat aikaa vieviä: toistaiseksi jokaista harjoitusta varten tilanne on jouduttu ajamaan lukuisia kertoja, jotta onnettomuuden luonne ja vakavuusaste olisivat sopivia, näytöt ja tulostus prosessista olisivat mahdollisimman kuvaavia sekä jotta simulaattorihjelmat toimisivat oikein. Valmiusharjoitusten suunnittelun yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella SMABRE-ohjelmia on jatkuvasti kehitetty.

Simulaattorin rooli valmiusharjoituksissa 1981—1986

Vuonna 1981 simulaattoria käytettiin lähinnä onnettomuuden alkuvaiheen hälytyslistan ajoon.

Vuosina 1982 ja 1983 simulaattorilla (SMABRE) laskettiin onnettomuustilanne parin kymmenen ensimmäisen minuutin ajalta. Tätä kuvausta jouduttiin käsin tarkistamaan, jotta se paremmin vastaisi RELAP-tietokoneohjelmien perusteella muodostettua kuvaa prosessiparametrien käyttäytymisestä. Näitä kuvauksia jatkettiin eteenpäin engineering judgement -periaatteella.

Vuonna 1984 simulaattorihjelmisto ISO SMABRE oli jo käytettävissä ja sillä voitiin laskea koko viisi tuntia kestävä onnettomuustilanne. Etukäteen tehty simulaattoriajo taltioitiin simulaattorin muistiin sopivin väliajoin (korkeintaan 30 min). Itse harjoituksessa valvomon tilanne pelattiin simulaattorilla, jossa operaattorit saivat valmiusharjoituksissa ensimmäistä kertaa valvomoympäristössä selvittää onnettomuustilannetta. Jotta harjoitus, myös sen radiologinen osa, voitaisiin viedä läpi ennakkosuunnitelmien mukaisesti, kouluttajien tulee myös simulaattorilla (kuten aiemmin myös ”kuiva-valvomossa”) rajoittaa operaattoreiden tilanteen pelastamismahdollisuuksia.

Vuonna 1985 simulaattorin ISOa SMABREa käytettiin onnettomuuskuvausten suunnitteluun. ISOlla SMABRElla voitiin laskea vielä reaktorisydämen paljastumisen, muttei enää sen uudelleen peittymistä.

Vuonna 1986 onnettomuustilanne ajettiin etukäteen sekä ISOlla SMABRElla että ”pienellä” SMABRElla. Ohjelmistokehitys mahdollisti ajon jatkamisen vielä sydämen peittymisen jälkeenkin. Tilanteet taltioitiin muistiin, alkuvaiheessa 15 min välein. Valmiusharjoituksessa valvomo oli tarkoitettu lavastaa simulaattorille, jossa onnettomuus ajettaisiin lähes reaaliajassa ”pienellä” SMABRElla; edellisenä päivänä sattuneen simulaattoritietokoneen vikaantumisen vuoksi simulaattori ei ollut

harjoituspäivänä käytettävissä ja harjoitus vietin läpi etukäteisajoihin ja -suunnitelmiin pohjautuen.

Simulaattorin käyttö valmiusharjoituksen valvomona

Koska simulaattori sijaitsee noin viiden minuutin kävelymatkan päässä oikean valvomon vieressä olevasta johtokeskuksesta, valmiusorganisaation johto mukaan lukien käyttöjohtaja ei voi katsoa tilannetta valvomopaneleilta. Niinpä kouluttajat ovat jakaneet keskeisiä (tilannekuvaukseen perustuvia) laitosparametrejä reaaliaikaisesti suoraan johtokeskukseen; lisäksi STUK on sijoittanut yhden insinöörin laitosryhmästään simulaattorille.

Valvomon ja johtokeskuksen viestiytydet osittain puuttuvat simulaattorilta. Harjoitusta varten simulaattorille asennetaan useita tilapäisiä lisäpuhelimia. Harjoituksissa tieto siirtyy lähinnä puhelimitse sekä kopioimalla simulaattoritietokoneen mittapisteseurantareportteja; nämä raportit välitetään telekopioina Helsinkiin STUK:een ja IVO:n pääkonttoriin.

Simulaattori kattaa laitosprosessin, mutta ainakaan toistaiseksi ei vielä reaktorisydämen sulamista, vedyn kehittymistä ja palamista eikä radioaktiivisuuden vapautumista primääripiiriin, suojarakennukseen ja ympäristöön, joten nämä joudutaan arvioimaan aikaisempien analyysien avulla. Toisaalta viimeksi mainittujen tekijöiden riippumattomuus laitosprosessia kuvaavasta simulaattorimallista on edullista valmiusharjoituksen kannalta, sillä

näin voidaan valmiusorganisaatioon tehdä valvomo-operointeja tietyin rajoituksin ja silti säilyttää harjoituksen "käskirjoitus".

Simulaattorin laskennan hitauden vuoksi voidaan menetellä siten, että etukäteen laadittu tilannekuvaus tallennetaan sopivien väliajoin simulaattorin muistiin, josta se sitten harjoitustilanteessa otetaan simulaattorille reaaliaikaa vastaavasti. Toisaalta käytännön harjoitusteknisenä järjestelynä voidaan hyväksyä se, että prosessi etenee jonkin verran todellista hitaammin. Vuonna 1986 harjoitus voitiin ajaa jo "pienellä" SMABRElla (jää jälkeksi 10 %), joka pysyy reaaliajassa paremmin kuin ISO SMABRE, joka jää jälkeksi 50–70 %. Simulaattoritietokoneet on määrää vaihtaa vuoteen 1988 mennessä, jolloin tämä ongelma poistuu. Lisäksi etukäteen laaditun tilannekuvauksen tallentaminen simulaattorin muistiin määrääjain osaltaan varmistaa harjoituksen onnistunutta läpiviemistä, vaikka simulaattori putoaisi pois päältä.

TOIMINTA HARJOITUKSISSA

Harjoiteltavat toiminnot

Valmiusharjoitus on ennen kaikkea johtamiskoulutusta. Muita testattavia ja harjoiteltavia toimintoja ovat: hälytykset, valmiusorganisaation käynnistäminen, prosessitilanteen selvittäminen, valvomo-ero-ointien johtaminen, henkilöstön ko-koaminen ja evakuointi, säteilymittaukset, näytteiden otto ja analysointi, poltto-aine-aurion, radioaktiivisten aineiden päästön ja säteilyannosten arviointi sekä

ennakointi, suojautumissuosituksien, tilannekuvan muodostaminen ja välittäminen sekä tiedottaminen. Näiden suorituksessa pyritään noudattamaan mahdollisimman pitkälle valmiussuunnitelmaa.

Todelliset ja simuloituiden toimenpiteet

Valmiusharjoitus on aina harjoitus; todellista hätätilannetta ei voi lavastaa. Valmiusharjoitus ei saa häiritä laitoksen normaalia käyttöä eikä se saa kohtuuttomasti vaatia työaikaa. Niinpä harjoituksissa joudutaan simuloimaan osa toiminnoista. Toisaalta harjoitusta tulisi elävöittää mahdollisimman paljon. Johtokeskuksen toiminta on sitä todellisempaa mitä laajempi harjoitus on.

Dokumentointi

Harjoituksissa johtamispaikoissa (voimalaitos, Loviisa, IVO:n pääkonttori, STUK) tilannetiedot, toimenpiteet ja päätökset kirjataan taululle, jotta ne välittyvät kaikkien paikalla olevien tietoon ja samalla ne jäävät tallenteeksi.

Palaute

Kunkin valmiusharjoituksen päätteeksi on pidetty palautekokous, jossa pelaajat, kouluttajat ja tarkkailijat tuovat esiin valmiusharjoitusta, -toimintaa, -kalustoa ja -suunnitelmaa koskevia huomioita ja parannusehdotuksia. Säteilyturvakeskus laatii kunkin valmiusharjoituksen jälkeen joko määräaikaistarkastuspöytäkirjan tai kirjeen, jossa se esittää mahdolliset huomautukset. □

Fragments

- Imatran Voima Oy neuvottelee unkarilaisten ja jugoslaavien kanssa suomalaisella turvallisuusfilosofialla varustettujen VVER 1000-laitosten toimittamisesta Paksin ja Prevlakan uusiksi yksiköiksi. IVO on aikaisemmin toimittanut Paksin yksiköille prosessimonito-rintijärjestelmän, kertoo Perusvoima Oy:n toimitusjohtaja ja IVO:n johtaja Anders Palmgren. Nucleonics Week 6.11.1986
- Ruotsin Ringhals 2, 3 ja 4-yksiköitä silmälläpitäen on Westinghouse saanut äskettäin valmiiksi soveltuvuustutkimuksen suojaraken- nuksen suodatetusta paineenalennusjärjestelmästä. Päästöraja on 0,1 % sydämen kesiumista. Nuclear Engineering International, Nov. 1986.
- Sveitsin Beznau 1 ja 2 364 MW PWR Westinghouse -yksiköt tullaan varustamaan erillisellä riippumattomalla sydämen hätäjäähdy- tysjärjestelmällä, reaktorin hätäohjauspaneelilla ja varadieseleillä hätäsähkönsyöttöä varten. Laitteistoja varten tarvitaan lisäraken- nus. "Backfitting"-työt valmistuvat vuosina 1992 ja 1993. Toimittajaksi on valittu BBC/Westinghouse 295 miljoonan dollarin tar- jouksen perusteella. Sveitsin Mühleberg 336 MW BWR- yksiköllä asennetaan parhaillaan KWU:n toimittamaa vastaavaa laitteistoa. Nucleonics Week 4.12.
- Saksan Liittotasavallan BROKDORF 1380 MW PWR KWU-yksikön käyttöluvan ehtona on suojarakennuksen suodatetun paineen- laskujärjestelmän hankkiminen onnettomuuden varalle. Viranomaisten mukaan saman vaatimuksen tekeminen kaikille Saksan laitoksille on harkittavana. Vaatimus perustuu Karlsruhessa vuonna 1984 julkaistuun tutkimukseen. Asennettava laitteisto käsittää mm. joustavan kanavoinnin, paineenalennuslaitteet ja suodat- timet, jotka on tehty erikoismetallikankaasta. Laitteiston hinta on yksi miljoona D-markkaa ja se asennetaan kuluvan lokakuun aika- na. Laitteiston kestävydestä ja soveltuvuudesta nopeita paineen nousuja, kuten vetyräjähdysisiä, vastaan on esitetty epäilyksiä. NW 9.10.

Advances in Light Water Reactor Technology

IAEA on todennut joka puolella lähtökohdaksi "advanced"-konseptien kehittämiseksi, että nykyinen kevytvesireaktoriteknologia on kypsää ja että reaktorit ovat osoittautuneet taloudellisiksi ja käyttökelpoiksi. Tästä aiheesta pidettiin kokous viime marraskuun lopulla USA:ssa.

Kokoukseen osallistui n. 40 asiantuntijaa eri puolilta maailmaa. Läsnä olivat mm. kaikki huomattavimmat reaktoritoimittajat USAsta ja Länsi-Euroopasta. Merkittävien puute oli neuvostoliittolaisten poissaolo. Suomesta oli mukana Esko Haapala ja Ami Rastas TVOsta, Heikki Reponen STUKsta ja Heikki Raumolin PEVOsta.

"Advanced"-konseptit yleisesti

Kokouksen aluksi IAEAn edustaja W Sheng kertoi, että IAEA on valmistellessaan teknillistä raporttia "Trends in Advanced LWR Design and Technology", joka ilmestyy vuoden 1987 loppupuolella.

Eri maissa on nähty kuitenkin tarpeelliseksi kehittää konsepteja eteenpäin joko polttoaineen käytön, energiatuotannon taloudellisuuden tai turvallisuuden parantamiseksi, tai kaikista näistä syistä. Lisäksi useissa maissa alkaa kertyä merkittävästi käyttökokemuksia ja toisissa on kehitysaikaa, koska ohjelmat eivät nyt edisty.

Koska "advanced"-käsitettä on usein käytetty väljästi, IAEAssa on jaetty "advanced"-kehitystyö kolmeen pääryhmään:

- ydinpolttoaineen käytön kehittäminen
- nykyisten kevytvesireaktoreiden asteittainen kehitys (evoluutio)
- uudet reaktorit, joissa turvallisuus perustuu passiivisiin turvajärjestelyihin ja ominaisrakenteeseen (inherently safe).

Kokouksessa tuotiin esille kaikkiin kolmeen ryhmään liittyviä reaktoreita. Polttoaineen käytön kehittämissuunnitelmista kertoivat ranskalaiset ja saksalaiset. Tavoitteena on vuosisadan loppuun mennessä kehittää HCLWR (High Conversion LWR). Siinä pyritään saamaan konversiosuhde lähes yhteen ja käyttämään tehokkaasti hyödyksi myös kevytvesireaktori-kierrossa syntyvä plutonium. Sydämessä siirrytään mm. heksagonaaliseen hilaan, jotta polttoaine voitaisiin pakata tiheämpään. Eräänä tavoitteena on uusia jo käyviin reaktoreiden sydänrakenteet niin, että reaktoreista saadaan HCLWR.

Valtaosa esityksistä käsitteli nykyisten kevytvesireaktoreiden asteittaista kehitystä. Tällä alalla ovat tehneet työtä lähes kaikki reaktorivalmistajat. Japanissa MITI (Ministry International Trade and Industry) on asettanut suuntaviivat kehitystyölle. 1990-luvulla valmistuu ALWR ja noin vuonna 2005 AALWR (Advanced ALWR). USAn kehitystyötä käsitellään tarkemmin myöhemmin. Länsi-Saksassa KWU on suunnitellut 3-piirisen 1000 MW:n PWR:n, jossa on mm. yksinkertaistettu nykyistä 4-piiristä isompaa PWR:tä; kehitetty kuormanseurantaa ja otettu huomioon viimeiset turvallisuusvaatimukset. Esimerkkinä yksinkertaistamisesta todettiin, että rakennustilavuus on pienentynyt nykyisen konvoilaitoksen 615 000 m³:stä 385 000 m³:iin ja venttiilien lukumäärä 18 000:sta 12 500:iin. Ranskalaiset katsoivat olevansa tyytyväisiä nykyisiin malleihinsa N4:1400 MW ja M320:900 MW aina tämän vuosisadan loppuun saakka. Toki pieniä parannuksia mm. käytön tehostamiseksi tehdään tarvittaessa. Ruotsalaiset (ASEA-ATOM) totesivat, että heidän toimittamansa BWR:t täyttävät jo useimmat muiden suunnitteleman advanced-vaatimukset. Niissä on mm. sisäiset pääkiertopumput.

Uusia reaktorityyppejä esittelivät ASEA-ATOM (PIUS) ja japanilaiset. Japanilaiset olivat kehittäneet PIUS -konseptin pohjalta ISER -konseptin (Intrinsically Safe and Economical Reactor). Siitä esitettiin useita moduuriratkaisuja mm. eräs telakalla rakennettava ja proomulla käyttöpaikalle uittettava malli. Olennaisin ero

PIUS -konseptiin on, että ISER on sijoitettu teräksiseen paineastiaan.

Kehitystyö Yhdysvalloissa

Yhdysvalloissa tapahtuvaa kehitystyötä esitettiin seikkaperäisesti (DOE, EPRI, Westinghouse, General Electric, Combustion Engineering, Babcock and Wilcox). Työ on kevytvesireaktoreiden asteittaista kehittämistä. Yleistavoitteena on tuottaa parannettuja ja yksinkertaisempia kevytvesireaktorikonsepteja, jotka voisivat seuraavalla vuosikymmenellä täyttää uuden tuotantokapasiteetin tarpeen tai korvata käytöstä poistettavat laitokset.

DOE:n ohjelma jakaantuu neljään aihepiiriin:

- kehitettyjen ABWR- ja APWR -konseptien verifiointi
- keskipitkokoisen (n. 600 MWe) laitoksen kehittäminen
- hankkeiden toteutuksen parantaminen
- säätötekniikan ja instrumentoinnin parantaminen

EPRIn ohjelman tavoitteena on

- lupakäsittelytilanteen stabilointi
- ALWR:n suunnittelu- ja suorituskykyvaatimusten spesifiointi
- keskipitkokoisen laitosvaihtoehdon (600 MWe) kehitystyön arviointi.

DOE:n ja EPRI:n ohjelmat täydentävät toisiaan.

ABWR- ja APWR -konseptien verifiointiin kuuluu DOE:n sponsoroimana WRC:n käsittely ja hyväksyntä (design approval and certification) seuraaville konsepteille:

- General Electricin yhdessä japanilaisten kanssa kehittämä ABWR -konsepti (n. 1350 MWe)
- Combustion Engineering in System 80 PWR-Design (lämpöteho 3800 MWTH).

Ohjelmassa verrataan ensin EPRIn vaatimuksia näihin ja ratkotaan eroavaisuudet ja toimitetaan sitten hakemus NRC:lle. Lopullista hyväksyntää odotetaan vuonna 1991.

Keskikokoisen laitoksen (600 MWe) kehittämisessä DOE:n ohjelmassa ovat mukana:

- General Electric (BWR)
- Westinghouse (PWR)
- Babcock and Wilcox (PWR)

Yhteisiä tavoitteita näille ovat:

- kustannukset pidetään kilpailukykyisinä nykyisiin ydinvoimalaitoksiin ja hiililaitoksiin verrattuina
- järjestelmiä, erityisesti turvallisuusjärjestelmiä, yksinkertaistetaan ja luotetaan enemmän passiivisiin toimintoihin
- reaktorissa ja polttoaineessa luotetaan koeteltuun tekniikkaan
- toteutusaikaa lyhennetään.

Tavoitteena on saada konseptien kehittämiseksi tarvittava suunnittelu ja kokeet valmiiksi vuoden 1989 loppuun mennessä.

Hankkeiden toteutuksen parantamisessa tekevät DOE:n toimeksiannosta työtä Duke Power Company ja Stone and Webster. Meneillä on useita selvityksiä, jotka tähtäävät sekä konseptien toteutavuuden parantamiseen (design for constructability) että toteuttamismenettelyjen kehittämiseen (construction management). Tavoitteena on saada esitetyksi vaatimukset ja kriteerit syyskuussa 1989.

DOE:n säätötekniikan ja instrumentoinnin ohjelmassa ovat mukana Combustion Engineering ja Babcock and Wilcox. Useiden eri aiheiden joukossa ovat mm. multiplexointi ja kuituoptiikan käyttö tiedon siirrossa. Uuden tekniikan evaluoinnin on määrä olla valmiina syyskuussa 1989.

EPRIn ohjelmassa on käyty läpi NCR:n kanssa yli 700 turvallisuusvaatimusta, joista 50 on vielä avoinna. Tarkoituksena on jatkaa läpikäyntiä ALWR-vaatimusten kehittyessä.

Keskeisenä työkohteena EPRIn ohjelmassa on ALWR:lle asetettavien vaatimusten spesifiointi. Se tapahtuu laatimalla "ALWR-Utility Requirements Document". Oleellista työssä on, että siinä kerätään ja sovitetaan yhteen eri voimayhtiöiden käyttökokemukset, parannusehdotukset ja muutostarpeet. Tavoitteena on kesäkuuhun 1988 mennessä saada aikaan kattava asiakirja-aineisto, joka olisi käsitelty myös NRC:n kanssa. Tältä pohjalta reaktoritoimittajat voisivat jatkaa kehitystyötään. Voimayhtiöiden perustavoitteet ovat:

- ALWR:n täytyy täyttää kaikki voimayhtiöiden vaatimukset mukaan lukien turvallisuus, ympäristöön sopivuus ja teknillinen suorituskyky (technical excellence)
- ALWR:n täytyy olla taloudellisesti houkutteleva investoijalle ja rahoittajalle sekä investointi- että elinikäiset kustannukset huomioon ottaen (economic advantage)

— ALWR:n täytyy taata erittäin suuri turva investoinnille (investment protection), erityisesti seuraavilla aloilla

- hyvin alhainen suurten onnettomuuksien riski
- varmistettu lisensioitavuus
- ennustettavissa olevat (ja valvottavissa olevat) toteutuskustannukset/aikataulu
- ennustettavissa olevat käyttö-kustannukset ja käytettävyys.

Keskikokoisen laitoksen kehitystyössä EPRI siirtää voimayhtiöiden näkemyksiä DOE:n ohjelmaan. Vaihe I on valmistunut ja vaihe II alkaa 1987.

Markkinanäkymät

Markkinanäkymiä kokouksessa käsiteltiin paljon vähemmän kuin konseptien kehittämissuunnitelmia. Kiinalaiset esittivät, että heillä on vaikeapääsyisiä alueita, jotka suunnittelevat energiantuotantoa pienillä reaktoreilla. Muilta osin ainoa analyysi tuli Ranskasta. Barre/CEA pohti nykyisten tai nykyispohjaisten suurten (luokkaa 1 000 MWe tai yli) ja pienten tai keskikokoisten laitosten (luokkaa 600 MWe tai alle) markkinanäkymiä. Hän jatkoi markkinat neljään ryhmään:

USA: Markkinat toistaiseksi suljettu. Viimeksi tilattu isoja yksiköitä.

LÄNSI-EUROOPPA, KANADA, JAPANI (ml. Etelä-Korea, Taiwan): Alhainen kasvu, isot yksiköt.

SEV-maat: Nopea kasvu, suljetut sisäiset markkinat.

Muut maat: Markkinat eivät vielä oikein auenneet. Kaikki koot mahdollisia.

Barre katsoi, että kehittyneillä markkinoilla (Länsi-Eurooppa jne.) suuntaudutaan edelleen Kanadaa lukuunottamatta isoihin (900—1400 MWe) kevytvesireaktoreihin, joista painevesireaktorit ovat etusijalla. Uudet laitokset ovat kehittyneempiä, taloudellisempia ja turvallisempia kuin aikaisemmat, koska suunnittelussa ja toteutuksessa on kokemukset otettu huomioon ja käyttäjät osaavat niitä käyttää.

Markkinoille tulevat maat (nuclear newcomers) eivät välttämättä halua em. kehittyneitä "eurojapanilaista" laitosta. Tarpeet ovat pikemminkin seuraavanlaisia:

- peruskuormalaitos, säätöominaisuudet eivät tärkeitä
 - verkko ei salli yli 600 MW:n yksikkökokoja
 - Pu-kierrätys ei ole tarpeen, koska varastoinnilla voidaan selvittää jopa vuosikymmeniä
 - kWh-hinta ei ole niin tärkeä kuin se, että kokonaisinvestoinnit pysyvät kohtuullisella tasolla
- käytön on oltava helppoa, reaktorin anteeksiantava.

Barre totesi suurimmaksi ongelmaksi sen, että tällaisia reaktoreita ei ole. Uudet ostajat tarvitsevat toisaalta demonstraatiolaitoksen tai referenssilaitoksen, joten Barren mukaan tällaisia reaktoreita ei ole tulossakaan.

USAn tilannetta Barre piti epäselvänä. Missään tapauksessa ei lähiaikoina tilata uusia laitoksia. Kun tilausten aika joskus tulee, piti Barre omasta puolestaan uskottavampana, että USAssa tilataan nykyisistä kehitettyjä ALWR-laitoksia eikä uusia pienempiä 600 MW:n laitoksia, koska viimeainittujen kilpailukykyä ei missään osoiteta.

Yhteenvetona Barre totesi, että nyt ja lähitulevaisuudessa (1990-luvulla) SEV-maiden ulkopuolella on ainoa vaihtoehto ostaa kehittynyt eurojapanilaistyyppinen iso laitos.

Loppukeskustelu

Loppukeskustelussa todettiin yleiset tavoitteet kaikkialla samanlaisiksi. Pyritään yksinkertaisempiin, turvallisempiin ja taloudellisempiin reaktoreihin. Melkoiseksi ongelmaksi todettiin ostajien halu ostaa "proven design" ja vaatia referenssilaitos. Todettiin kuitenkin, että evoluutiolinjalla edettäessä kokonaista demonstraatiolaitosta ei välttämättä tarvita. Voidaan edetä osakokein ja analysein.

Vertailu Suomen tilanteeseen

Koska seuraavan laitoksen käsittely ja valtiovalan päätökset ovat Suomessa siirtyneet epämääräiseksi ajaksi, on myös IVOn ja TVOn ydinvoimayhteistyössä käynnistetty "advanced" -laitoskonseptien seuranta. Kokouksessa esitetyt kevytvesireaktoreiden evoluutiovaihtoehtoa koskevat ohjelmat sopivat tavoitteiltaan ja aikatauluiltaan seurattaviksi suomalaisessa ohjelmassa. □

Fragments

Kuuban ydinvoimaministeri Fidel Castro Diaz-Balart (presidentin poika) on huolestunut maan ympärillä sijaitsevien 40 reaktorin aiheuttamasta turvallisuusriskistä. Hän mainitsee Kuubaan Cienfuegon rakenteilla olevien kahden VVER 440 -yksikön olevan suojarakennuksella varustettuja ja niissä huomioidaan Tshernobylin opetukset. "Kuuba saattaa jopa lisätä uusia parannuksia eikä vain tyydy lainaamaan suomalaisia muutoksia".

USA:n energiaministeri Herrington on julkisuudessa antanut kiittäviä lausuntoja Loviisan yksiköistä, jotka ovat samanlaisia kuin Kuubaan rakenteilla olevat yksiköt. Nucleonics Week 20.11.1986

Matkakertomuksia Suomen Atomiteknillisen Seuran Kiinan vierailusta 27.10.—9.11.1986



Matkalaiset isäntien kanssa ryhmäkuvassa Shanghaissa.

Osallistujat

Aalto, Erkki
Eerola, Teuvo
Kaukonen, Esko
Laaksonen, Teuvo
Niinen, Heikki
Ojala, Aito ja Liisa
Pirilä, Pekka
Rastas, Ami
Salminen, Pertti
Toivola, Ahti
Törrönen, Kari
Vuorio, Matti

IVO
Finnmap Oy
Huber Oy
Valmet Automation Projects Oy
IVO
Enerconsult Ky
VTT
TVO
VTT
VTT
VTT
Puolustusministeriö

Yleiskatsaus

ATS:n vuoden 1986 ulkomaan matka suuntautui Chinese Nuclear Societyn (CNS) kustusta Kiinaan. Kiina muodostaa potentiaalisen markkina-alueen ydinenergia-alan teollisuudelle ja tietämykselle, koska Kiinassa aloitettiin ensimmäisten sähköenergian tuotantoon tarkoitettujen ydinvoimalaitosten rakentaminen vasta vuonna 1985. Matkan anti oli hyvä ja osallistujat saivat selkeän kuvan Kiinan ydinenergiatilanteesta sekä alan tutkimus- ja kehitystyön tasosta unohtamatta myöskään runsasta kiinalaista kulttuuritarjontaa. Koko matkan ajan mukana seurasi kaksi CNS:n edustajaa, Mr. Xu Honggui ja Mrs. Chen Wuke, jotka vastasivat erinomaisesta ohjelmasta ja järjestelyistä Kiinassa.

Kiinan kokonaispinta-ala on noin 9,6 milj. km², josta yli 2/3 on vuoristoaluetta. 97 % maan väestöstä asuu 40 % maan koko pinta-alasta muodostavilla kaakkois-, itä- ja pohjoisalueilla. Heinäkuussa 1982 suoritetun väestönlaskennan mukaan maan väkiluku on 1031 miljoonaa, joten asutuilla alueilla väestötiheys on yli 200 asukasta neliökilometriä kohti. Väestöstä puolet on alle 21-vuotiaita ja varsinaista maaseutuväestöä on noin 80 %. Kiinassa pyritään pysäyttämään väkiluvun kasvu 1200 miljoonaan ja tätä varten maassa on tiukkaa syntyvyyden sääntelyohjelma, jonka mukaan jokainen perhe saa saada vain yhden lapsen.

Työväkevästä väestöstä on 72 % maa- ja metsätalousammateissa, 14 % teollisuusammateissa ja 14 % palveluamma-

teissa. Keskipalkka on noin 100 mk/kk, joskin asumis- ja elinkustannukset ovat erittäin alhaiset.

Ilmasto on maassa erittäin vaihteleva. Pohjoisessa sijaitsevan Harbinin kaupungin ja etelän Guangzhoun välinen lämpötilaero on tammikuussa keskimäärin yli 33 °C. Vuotuiset sademäärät vaihtelevat maan luoteisosan kuivien ja rannikon saasteisten alueiden välillä 10—1600 mm.

Kiinalla on erittäin rikkaat luonnonvarat. Käytännöllisesti katsoen kaikkia tunnettuja mineraaleja on löydetty Kiinasta. Alustava tutkimus osoittaa, että kivihiilivaranto on yli 600 000 milj. tonnia. Suurimmat esiintymät ovat maan pohjoisosissa. Kiinasta on löydetty yli 1400 öljyesiintymää laajalle alueelle jakautuneina. Öljyvarojen etsintä ja hyödyntäminen on kuitenkin vasta alkuvaiheessa. Geologinen tutkimus osoittaa, että Kiinassa on yli 50 metallimalmilajia ja esimerkiksi rautaesiintymiä on kaikkiaan 44 000 milj. tonnia.

Kiinalla on pitkät perinteet ydintekniikan tutkimuksessa ja teollisuudessa. Seuraavassa on lueteltu muutamia tärkeimpiä tapahtumia alalla:

- 1955 Ydintekniikan tutkimus- ja kehitystyö alkaa, sopimus Neuvostoliiton kanssa tieteellisteknisestä yhteistyöstä. Sopimus purettiin vuonna 1959.
- 1958 Tutkimusreaktori HWR-1 otetaan käyttöön AERI:ssa
- 1964 1. koeräjäytys
- 1967 1. vetyppommiräjäytys
- 1970 Oma ydinsukellusvene otetaan käyttöön
- 1978 Rauhanomaisen ydinenergiaohjelman käynnistäminen.
- 1984 Kiina liittyy IAEA:han ja tarjoutuu ottamaan vastaan käytettyä polttoainetta muista maista.
- 1985 Ensimmäisten kaupallisten ydinvoimalaitosten rakentaminen aloitetaan, Qinshan (300 MW) ja Daya Bay (2 × 900 MW).

Vierailukohteet

- Suomen Suurlähetystö, Peking
- Chinese Nuclear Society (CNS), Peking
- Seminaari, Peking
- Institute of Nuclear Energy Technology (INET), Tsinghua University, Peking
- Nuclear Engineering Research and Design Institute (728 Institute), Shanghai
- Shanghai Boiler Works, Shanghai
- Shanghai Turbine Works, Shanghai
- Qinshanin ydinvoimalaitostyömaa, Qinshan
- Daya Bayn ydinvoimalaitostyömaa, Shenzhen
- Suomen Konsulaatti, Hong Kong

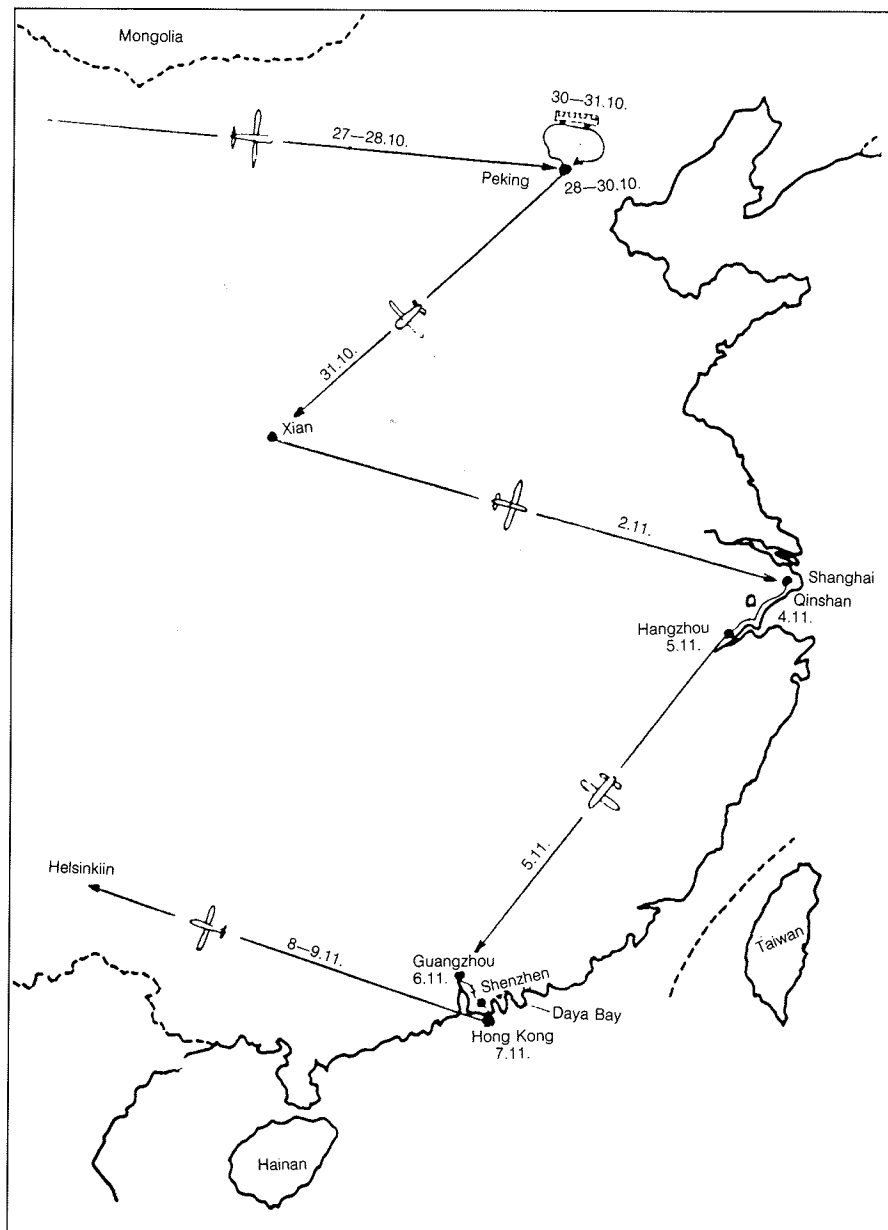
Kiinalla on runsaasti hiilivaroja ja käytämättömää vesivoimaa, joten hyvällä syyllä voidaan kysyä, mitkä ovat syyt teknisesti vaativan ja suurta investointipanosta edellyttävän ydinvoiman rakentamiseen, erityisesti kun maa muutenkin painii taloudellisten vaikeuksien kanssa nopean taloudellisen kasvun vaatiessa yhä suurempia investointeja ja kehityspanosta useilla teollisuuden aloilla. Seuraavassa on pyritty erittelemään muutamia merkittävimpiä syitä, jotka ovat johtaneet ydinenergian rakentamispäätökseen:

- 1 Nopeasti kasvava sähköenergian tarve
Kiinan sähkönkulutus on nykyään lähes 400 TWh vuodessa ja sen arvioidaan 3-kertaistuvan vuoteen 2000 mennessä.
- 2 Epätasaisesti jakautuneet luonnonvarat
Vaikka Kiinalla on runsaat hiili- ja vesivarat, ovat ne epätasaisesti jakautuneet ja kaukana nopeasti kehittyvältä rannikkoalueelta. Kuljetus- ja siirtokustannukset kohoavat niin korkeiksi, että ydinvoiman on laskettu olevan merkittävästi näitä edullisempi paikallisessa sähköntuotannossa rannikkoalueilla.
- 3 Olemassa oleva ydintekninen teollisuus ja tieto
Kuten aikaisemmin ilmeni, on Kiinalla 30 vuoden kokemus ydintekniikan alalla. Sillä on alan teollisuus ja tietämys, jonka tarjoamia mahdollisuuksia ei haluta heittää hukkaan.
- 4 Runsaat uraanivarat
Kiina haluaa tyypillisen suurvallan tapaan olla mahdollisimman oma-avarainen kaikessa, joten eräänlainen perusedellytys ydinenergian käyttöönotolle ovat runsaat omat uraanivarat.
- 5 Poliittinen tahto
Kiina on YK:n turvallisuusneuvoston ainut jäsen, jolla ei ole omaa ydinvoimalaitosta. Ilmeisesti myös tästä syystä Kiinan johto kokee tärkeäksi oman ydinenergiaohjelman.

Mitään selkeää ydinenergiaohjelmaa meil-
le ei esitetty ilmeisesti siksi, että sellaista
ei ole olemassakaan. Sen käsityksen kui-
tenkin saimme, että Qinshanin projektia
tullaan jatkamaan rakentamalla nyt ra-
kenteilla olevan 300 MW:n yksikön rin-
nalle samaan tekniikkaan perustuvia 600
MW:n yksiköitä 4 kappaletta, jolloin ko-
ko laitoksen yhteisteho olisi 2700 MW.
2000-luvun alkuvuosina on myös suunnit-
teltu valmistuvaksi Sunaniin $2-4 \times 1000$
MW:n ja Liaoningin kaupunkiin $2 \times$
 1000 MW:n ydinvoimalaitokset (Nuclear
News/Nov. 85). Koko ydinenergiaohjel-
man tulevaisuus sekä ratkaisut ulkomais-
ten ja kotimaisten toimittajien välillä
riippuvat kuitenkin voimakkaasti nyt ra-
kenteilla olevien laitoksien onnistumisesta
ja taloudellisuudesta. □

Matkaohjelma

27.—28.10.		— lento Helsinki — Peking
28.10.	ti	* vierailu Suomen Suurlähetystöön, Peking
29.10.	ke	* seminaari, Peking
		* Chinese Nuclear Societyn (CNS) tarjoama juhla-ateria
30.10.	to	* Institute of Nuclear Energy Technology (INET)
		— Kiinan muuri ja Ming-keisarien hautalaakso
31.10.	pe	— Kielletty kaupunki
		— lento Peking — Xian
1.11.	la	— tutustuminen Xian:iin, kaupunkikiertros
2.11.	su	— lento Xian — Shanghai
		— kaupunkikiertros, vanha kaupunki
3.11.	ma	* Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute
		* Shanghai Boiler Works
		* Shanghai Turbine Works
4.11.	ti	* bussi Shanghai — Qinshan — Hangzhou, matkalla
		käynti Qinshanin ydinvoimalaitostyömaalla
5.11.	ke	— tutustuminen Hangzhoun kaupunkiin, järviristeily
		— lento Hangzhou — Guangzhou
6.11.	to	— juna Guangzhou — Shenzhen
		* vierailu Daya Bayn ydinvoimalaitostyömaalla
7.11.	pe	— bussi Shenzhen — Hong Kong
		* vierailu Suomen konsulaattiin
8.—9.11.		— lento Hong Kong — Helsinki



Suomen Kiinan suurlähetystössä

Heti Pekingiin saapumisemme jälkeen vierailimme Suomen Suurlähetystössä. Isäntämme, kaupallinen sihteeri Tuomo Jussila kertoi meille Kiinan taloudesta, energiataloudesta sekä Suomen ja Kiinan kauppasuhteista.

Kiinan talous on kulttuurivallankumouksen vuosien jälkeen kasvanut ripeästi. Teollisuuden ja maatalouden tuotanto on aikavälillä 1975 . . . 85 lähes kolminkertaistunut, kuva 1. Tärkeimpien tuotteiden (vilja, puuvilla, hiili, teräs) kohdalla kasvu on ollut samankaltainen, esimerkkinä hiili kuvassa 2.

Kun maatalouden vaatimat investoinnit ovat useihin muihin tuotannon aloihin suhteutettuna alhaiset ja tuotannon reagointi panostukseen nähden nopeata, on Kiinassa annettu erityinen paino maatalouden kehittämiseksi. Tavoitteet (10 %:n kasvu vuodessa) on kuitenkin asetettu niin korkealle, että niistä on toistuvasti jääty jälkeä.

Kiinan taloutta rasittaa voimakas inflaatio. Esimerkiksi tänä vuonna on jo suoritettu n. 15 %:n devalvaatio ja spekulatioita uudesta devalvaatiosta on jo liikkeellä.

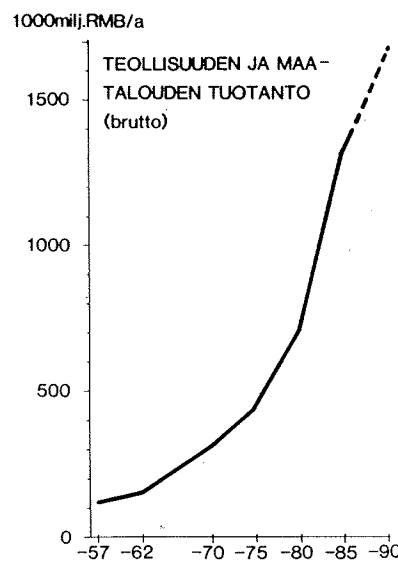
Kiinan kokonaisenergiankulutus oli vuonna 1985 vajaat 500 Mtoe/a. Primaarienergiälähteistä hiilen osuus on peräti 70 %. Sähkön kulutus on tätä nykyä noin 400 TWh/a.

Suurimpana pulmana Kiinan energiahuollossa on energiavarojen (mm. kivihiihi, vesivoima) ja energian kulutuksen painopisteen sijoittuminen maantieteellisesti kauaksi toisistaan. Maan rautatie- ja joki-/kanavaliikenteestä on tällä hetkellä hiilen kuljetuksen osuus 40 . . . 50 %. Motivaatio ydinvoiman rakentamiseen energian kulutuksen painopistealueille on näinollen voimakas.

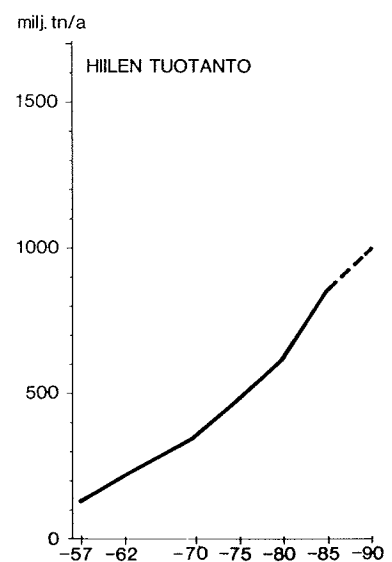
Kaupallinen avustaja Suomella on ollut Kiinassa vuodesta 1952 ja ensimmäinen maiden välinen kauppasopimus tehtiin 1953. Aluksi toimittiin Kiina-Neuvostoliitto-Suomi -kolmikantasopimuksella, joka Kiinan ja Neuvostoliiton suhteiden viilennyttyä muutettiin kaksikantasopimukseksi. Kauppa kehittyi Kiinan avautumisestakin huolimatta aina 80-luvun alkuun asti hyvin hitaasti. Tuolloin (1983) sol-

mittiin vapaasti vaihdettaviin valuuttoihin perustuva kauppasopimus. Tämän jälkeen kauppavaihto on kasvanut nopeasti, etenkin Suomen vienti Kiinaan, kuva 3. Kauppaa helpottavia sopimuksia on sol-

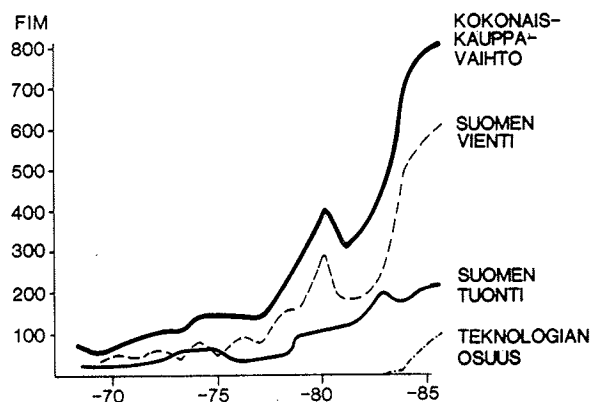
mittu viime vuosien aikana useita. Suomi vie Kiinaan mm- metsäteollisuuden tuotteita, metalleja ja lannoitteita ja tuo Kiinasta mm. tekstiilejä, jalkineita, kemia-kaaleja ja elintarvikkeita. □



Kuva 1. Kiinan teollisuuden ja maatalouden tuotanto (brutto). RMB = renminbi, Kiinan valuutta, jonka yksikkö (yuan) vastaa hieman alle 1,4 mk (11.86).



Kuva 2. Kiinan kivihiilen tuotannon kehitys.



Kuva 3. Suomen ja Kiinan kauppavaihdon kehitys.

Kiinan Atomitekniillinen Seura

Kiinan Atomitekniillinen Seura, the Chinese Nuclear Society (CNS) perustettiin vuonna 1980. Se on ydinteknologian ja -tieteen eri aloilla työskentelevien akateeminen yhteisö, joka on osa laajaa valtiollista organisaatiota, the China Association for Science and Technology.

CNS:n valtakunnallinen toimisto on Beijingissä (Peking). Siellä on 16 kokopäivätoimista työntekijää. Jäseniä on Beijingin alueella n. 2000 ja koko maassa yhteensä 20000. Jäsenistä ilmeisesti noin puolet on työssä sairaala-alalla.

Seuran puheenjohtaja (President) on professori Jiang Shengjie, jonka tapasimme pitämässämme seminaarissa ja CNS:n tarjoamalla juhlaillallisella. Seuran hallinnossa noudatetaan demokraattisen sent-

ralismin periaatetta. Korkein päättävä elin on Kansallinen Kongressi, joka koontuu kerran 3—5:ssä vuodessa. Tällöin valitaan seuran toimeenpaneva Johdokunta, joka käyttää valtaa, kun kongressi ei ole koolla.

CNS:n perustavoitteiksi on asetettu ydinteknologian ja -tieteen parissa työskentelevien yhdistäminen sekä alan kehittäminen ja edistäminen Kiinassa kansantalouden rakentamisen nopeuttamiseksi.

Mainittujen perustavoitteiden saavuttamiseksi CNS:lle on määritelty seuraavat päätehtävät:

- Kehittää kansallista alan ihmisten vaihtoa maan sisäisten organisaatioiden välillä, edistää akateemista de-

mokratiaa ja rohkaista vapaata keskustelua ydinteknologian ja -tieteen edistämiseksi.

- Järjestää kansainvälistä alan ihmisten vaihtoa ja teknillistä yhteistyötä ulkomaalaisten akateemisten organisaatioiden kanssa.
- Mobilisoida jäsenet edistämään alan kehittämistä Kiinassa.
- Julkaista transaktioita ja yleistajuisia tieteellisiä teoksia.
- Tuoda julki alan ihmisten mielipiteitä ja vaatimuksia.
- Popularisoida alan tietoa, edistää alan sovellutuksia, levittää saatua kokemusta ja kehittää asiantuntijapalveluja. □



Kuva 2. CNS:n puheenjohtajan professori Jiang Shengjien ja ATS:n puheenjohtaja Erkki Aallon tehetki ennen seminaarin alkua Pekingissä.



Symposium

Isäntäseuramme CNS järjesti matkaohjelman mukaisen seminaarin, jossa suomalaiset pitivät esitelmiä Suomen ydintekniikkaan liittyvistä aiheista.

Seminaaripaikka oli Beijing Science Hall, missä tilaisuus alkoi klo 9.00. Käytävissä oli piirtoheitin ja diaprojektori. Englanninkieliset esitykset tulkattiin kiinaksi.

Isäntänä oli CNS:n presidentti, professori Jiang Shengjie.

Puheenjohtajana toimi Wang Chuan-Ying, Committee of Science & Technology:n varapuheenjohtaja. Kiinalaisia kuulijoita oli n. 40 henkeä.

Avaussanat esitti prof. Jiang toden kiinalaisten odottavan mielenkiinnolla suomalaisten esityksiä.

Erkki Aalto vastasi puheeseen ja esitteli samalla seurueemme jäsenet.

ATS:n edustajat pitivät seuraavat esitelmät:

1. E. Aalto: Suomen energiahuolto
Aluksi esitettiin yleistietoja Suomesta, sitten tietoja energian ja sähkön tuotannosta ja kulutuksesta, hinnoista ja lisäyksen tarpeesta.
2. A. Rastas ja E. Aalto: Kokemuksia Suomen ydinvoimalaitoksista
A. Rastas kertoi TVO:sta ja sen voimalaitoksista mm. yhtiön omistuspohjasta ja laitospaikasta sekä esitti numerotietoja mm. käyttökertoimista.

E. Aalto selvitteli ydinvoiman kehitys- ja tutkimustyön historiaa Suomessa sekä IVO:n Loviisan laitosten vaiheita ja numerotietoja. Esitellessään korkeita käyttökertoimia Aalto totesi, etteivät ne tule automaattisesti, vaan ne on suunniteltava.

3. P. Pirilä: Pienet ydinvoimalaitokset
Pirilä esitti lyhyen selostuksen Suomen ja Ruotsin yhteistyöhankkeena käynnistyneen SECURE-projektin konseptista. Lisäksi esitettiin vertailu Helsingin seudun lämpökustannuksista SECURE:n, ydinvoimalaitosten lämmön kaukosiirron ja konventionaalisten lämpölaitosten kesken.
4. E. Kaukonen: Ydinvoimalaitosten laadunvalvonta
Esitelmässä käsiteltiin QC-toiminnan yleistä kehitystä sekä Suomessa nykyisin vallitsevaa käytäntöä. Materiaalin koetuksen osalta esiteltiin Suomessa 7 vuotta käytössä ollut menetelmä, jota Huber Oy markkinoi.
5. T. Laaksonen: Automaatio voimalaitoksissa
Laaksonen esitteli automaation kehittymistä Suomessa sekä yleisesti että ydinvoimalaitosten osalta. Tarkemmin kuvattiin VALMET AUTOMATION:in automaatiojärjestelmää ja sen sovelluksia.
6. H. Niininen: Suomen ydinjäteohjelma
Esitelmässä kerrottiin Suomen halli-

tuksen periaatepäätöksestä ydinjätehuollon hoitamisesta Suomessa. Todettiin Suomen ydinvoimayhtiöiden työskentelevän tiiviissä yhteistyössä jäteasioissa ja selvitettiin tämän hetken konseptien suuntaviivoja.

Lopuksi todettiin, että Suomessa on paljon erikoisasiantuntemusta käytetyn polttoaineen välivarastojen suunnittelusta, esimerkkinä TVO:n KPA-VARASTO.

7. A. Toivola: Säteilysuojelu Suomen ydinvoimalaitoksilla
Suomen ydinvoimalaitosten todettiin aiheuttaneen varsin pieniä säteilyannoksia sekä ympäristölle että henkilöille kansainvälisesti vertaillen. Esitelmässä käsiteltiin myös alan lainsäädäntöä ja säteilymittauslaitteistoa.
8. K. Törrönen: Ydinturvallisuuteen liittyvä materiaalitutkimus Suomessa
Tutkimusalan päätarkoituksena todettiin olevan ydinvoimalaitosten turvallisuuden, luotettavuuden ja käyttöiän parantaminen. Tarkemmin kuvattiin käytettyjä menetelmiä ja saatuja tuloksia sekä esiteltiin HUBER'in VTT:lle valmistamaa koelaitteistoa.
9. P. Pirilä, Tshernobyl-onnettomuuden vaikutus Suomessa
Esityksessä käsiteltiin Pohjois-Euroopan säätöilannetta ja ilmavirtaus-ten kulkua onnettomuuden jälkeen ja kuvattiin karttapiirroksin ja numeroarvoin mitattuja säteilyarvoja sekä verrattiin näitä aiempiin arvoihin.

Esitelmien yhteydessä kiinalaiset esittivät mm. seuraavat kysymykset:

- Kuka on ollut suunnittelu- ja koordinaation kokonaisvastuussa IVO:n Loviisan laitoksissa?
- Onko Suomen ydinvoimalaitoksiin jouduttu tekemään tarkistuksia Tshernobylin tapauksen jälkeen?
- Toimivatko Suomen kpa-varastot kuiva- vai märkämenetelmällä?
- Kuka on vastuussa suomalaisten ydinvoimalaitosten ympäristön asukkaiden säteilysuojelusta?

Kysymyksiin vastasi paikalla olleista suomalaisista kutakin aluetta parhaiten tunteva.

Esitelmien ja kysymysten jälkeen symposiumin puheenjohtaja totesi, että oli miellyttävää kuulla suomalaisten vieraiden esitykset Suomen ydinvoimaan liittyvistä aiheista. Puheenjohtaja sanoi kiinalaisten olevan kiinnostuneita erityisesti Loviisan laitoksista, missä suomalaisten oma panos oli huomattava, ja jäteohjelmasta sekä käytetyn polttoaineen ohjelmasta. Lopuksi hän totesi tämän olevan hyvä alku alan yhteistyölle välillämme.

Erkki Aalto kiitti suomalaisten puolesta isäntiä siitä, että olimme saaneet tilaisuuden lyhyesti esitellä ydinvoimalaitostekniikkaamme. □



Kuva 3. Huberin Esko Kaukonen esitelmöi. Tarkkaavaisina kuuntelijoina ovat CNS:n presidentti Jiang Shengjie ja seminaarin puheenjohtaja Wang Chuan-Ying.

Pekka Pirilä, VTT/YDI

Tsinghua yliopiston ydinenergiatekniikan tutkimuslaitos

Pekingin toisena vierailupäivänä oli ohjelmassa käynti Tsinghua yliopiston ydinenergiatekniikan tutkimuslaitoksessa (INET) parikymmentä kilometriä Pekingin pohjoispuolella. Tutkimushenkilökunnan määrä on noin 200, minkä lisäksi jatko-opiskelijoita on noin 70. Vierailumme isäntänä oli laitoksen johtaja professori Wang Dazhong.

Tutkimuslaitoksen piirissä toimii 13 osastoa: 1. Reaktoriteknologia (design), 2. Kemian teknologia I (jälleenkäsittely), 3. Materiaalitutkimus, 4. Tietokoneet ja säätö, 5. Ydintekniikka (neutroniaktiivointianalyysi ja neutronikuvaus), 6. Ympäristötutkimus, 7. Termohydrauliikka, 8. Reaktorin käyttö, 9. Energiajärjestelmät, 10. Ydinturvallisuus, 11. Puolijohdet, 12. Kemian teknologia II ja 13. Reaktorisimulaattorikoulutus.

Tutkimuslaitoksella on käytössä 60-luvulta peräisin oleva allastyypinen 2 MW tutkimusreaktori, jonka käyttö näytti nykyisin olevan sangen vähäistä. Tärkeimpänä käyttömuotona oli ilmeisesti neutroniaktiivointi, mihin tarkoitukseen oli käytettävissä useampihaarainen pneumaattinen putkipostijärjestelmä. Reaktoria on käytetty myös demonstraatioluonteisesti lämmöntuotantoon, jolloin sen tuottamaa lämpöä käytetään tutkimuskeskuksen rakennusten lämmittämiseen.

Laitoksen kiinnostavimmat tutkimuskohteet olivat aluelämmityksen tarkoitettuna matalalämpötilareaktorin kehittäminen ja korkealämpötilareaktoriin liittyvä tutkimus.

Aluelämmitysreaktorin pienitehoinen (5 MW) prototyyppi on tekeillä tutkimuslai-

toksen alueella ja siitä saatujen kokemusten perusteella on tarkoitus suunnitella 450 MW aluelämmitysreaktori Harbiiniin Koillis-Kiinaan. Tavoitteena on toteuttaa rakennustyö Harbinissa vuosina 1988—92.

Reaktori on luonnonkiertoinen kiehuva reaktori, jossa höyryn osuus on alhainen (n. 1 % massasta). Toimintapaine on 15 bar ja maksimilämpötila 200°C. Kiertopiirejä on kolme (primääri, sekundaari ja ulkoinen). Primääripiiri on kokonaisuudessaan paineastian sisällä ja luonnonkiertoa tehostaa kiehuminen. Nousuputkissa esiintyy epästabiilisuuksia, joissa aukko-osuus vaihtelee välillä 0—50 %. Tämä epästabiilisuus lienee reaktorin ongelmallisimmin piirre, ja sitä tutkitaan täyden mittakaavan koelaitteistolla. Toista meille esiteltyä merkittävää koelaitteistoa käy-

tettiin säätösauvojen hydraulisen askeltavan (askel 2 cm) siirtokoneiston testaamiseen. Kylmänä toimivalla laitteistolla oli toteutettu 200 000 toistoa ja nyt oltiin aloittamassa testiä käyttölämpötilassa.

Korkealämpötilareaktoreiden tutkimusta on laitoksessa harrastettu vuodesta 1965.

Kehitteillä oleva korkealämpötilareaktori on pebble bed tyyppinen heliumjäähdytteinen reaktori ja muistuttaa täten melkoisesti saksalaisia HTR-laitoksia. Merkittävimpänä erona on esijännitetyt betonipaineastian käyttö teräksisen sijasta. Vaikutti siltä, että yhteydet Saksaan ovat sangen tiiviit. Korkealämpötilareaktoria

on ajateltu käyttää 535°C höyryn tuottamiseen käytettäväksi raskaan raakaöljyn tuotannossa.

Ydinturvallisuusosalalla on INET:issä tekeillä turvallisuusanalyysi /PRA) Daya Bayn voimalaitokselle. □

Esko Kaukonen, Oy Huber Ab

Shanghai Boiler Works

Tehdas sijaitsee noin 30 km:n päässä Shanghain keskustasta. Tehdas valmistaa pääosiltaan höyrykattiloita. Kaksi vuotta sitten tehtaaseen rakennettiin kaksi hallia ydinvoimaloiden raskaitten komponenttien tekoa varten. Tehdas sijaitsee maalaismaisemassa peltojen keskellä.

Tehtaan mittoja:

4000 työläistä
600 insinööriä
500 QC-henkilöä (laadunvalvonta)
50 ha tehtaan tontin pinta-ala
200 000 m² tuotantotiloja
5 tehdasyksikköä

Tehdas valmistaa vanhanmallisia arina-höyrykattiloita, muurattuja kattiloita 20...35 t/h, luonnonkiertokattiloita hiilipölylle teho 220 t/h sekä pakkokierto-kattiloita amerikkalaisen Combustion Engineering Ltd:n lisenssillä, teho 1025 t/h (meillä tähän mennessä suurimmat Inkoon kattilat 860 t/h).

Ydinvoimaloiden raskaitten komponenttien tekoa varten tehtaalla oli kaksi uutta järeää hallia, mitat arviolta 60 × 300 m ja 40 × 200 m. Suuremmassa hallissa oli tekeillä Qinshanin laitoksen (300 MW) höyrykehittäjiä ja pressurizer, ilmeisesti Westinghousen lisenssillä ja/tai avustuksella. Hallissa oli reaktorien sisäosien kokoonpanoa varten sekä höyrykehittämien laippaliitosten kiristämistä ja vesipainekokeita varten ilmastoitu (ylipaine) kuoppa ø 12 m, syvyys ~ 15 m. Höyrystämien tuubit ø 22 mm oli ostettu Sandvikilta Ruotsista, aine Incolloy 800, kuten Westinghousella yleensä. Myös muut materiaalit vanhastaan tuttuja, tuubilevy ASTM A508. Mikä yllättävintä, kiinalaiset ilmoittivat tehneensä raskaat taaket lähellä olevassa terästehtaassa, josta on peräisin myös vaippamateriaalit.

Nosturikapasiteetti oli tuotannon mukainen, toisessa päässä hallia 2 × 300 t ja toisessa päässä 400 t, hallin korkeus 25—30 m.

Puhtauden merkityksestä kokoonpanossa oltiin täysin selvillä. Sekä reaktorin sisäosat että höyrystämien putkinippujen ja kosteudenerottimien kokoonpano tapahtui puhtaissa ylipainetiloissa, joissa emme kuitenkaan käyneet.

Työstökoneet olivat tavanomaisia digitaaliohjauksella varustettuja aarporia (3 kpl). Tuubilevyjen koordinaattisyväporauskeskukset (2 kpl) olivat pienemässä hallissa. 2 vuotta toiminnassa ollut porasi yhtä reikää kerrallaan. Uusi, 3-karainen oli asennusvaiheessa. Molemmat länsisaksalaisen KOLB'in valmistamia.

Paksujen aineitten ja hitsausaumojen tarkastusta varten oli 9 MeV:n tehoinen

lineaarikiikahdytin, jolla isännät kertoivat pääsevänsä 400 mm:n ainevahvuuteen saakka.

Suurin karusellisorvi oli ø 6 m, jossa oli päätyjen koneistusta. Suurin vaakasorvi oli ø 3 m, maksimipaino 100 t.

Tuotanto uusissa halleissa oli alkanut viime vuoden lopulla ja päätyö oli Qinshanin laitoksen komponentit. Reaktoripaineastia oli tilattu Mitsubishiltä Japanista.

Tuotantotilojen ja laitteiden puolesta tehtaalla pystytään hyvinkin valmistamaan 1000 MW:n tehoisen ydinvoimalaitoksen komponentit, jos vain poiskuljetus onnistuu. □

Aito Ojala, Enerconsult

Shanghain turbiinitehdas

Tehtaan pääinsinööri Wu Neng toimi isäntänä ATS:n ekskursionalaisille. Tervetuloitotuksensa yhteydessä hän pahoitteli vierailuajan lyhyyttä, jota rajoittivat myöhäinen saapumisemme tehtaalle ja työajan päättyminen klo 16.30.

Tehdasalue on nykyisin n. 1 km² ja rakennuksien pinta-ala on 0,3 km². Tutkimus- ja kehitys-, prosessi- ja myyntiosastoista muodostuvalla tehtaalla valmistetaan 200 tuotetta, joista turbiinit ovat päätuote. Tehdas valmistaa myös 2—3 MW:n diesel-laitoksia. Tehtaalla on 1200 työkonetta ja 8000 työntekijää, joista 700 on insinöörejä.

Tehtaan tuotanto on nyt 2000 MW vuodessa, mutta saamani käsityksen mukaan kapasiteetti on 10 000 MW luokkaa, kun siirrytään suurempiin yksikkökokoihin. Vuoteen 1953 saakka valmistettiin pieniä höyrykoneita ja dieselaitoksia. Tehtaan nimi muutettiin nykyiseksi v. 1953, jolloin alettiin valmistaa 6 MW höyryturbiineja Skodan piirustusten mukaan. Tehtaan kehityksestä mainittakoon:

v. 1955 valmistui ensimmäinen 6 MW turbiini,
v. 1969 valmistui ensimmäinen 125 MW turbiini,
v. 1971 alkoi 300 MW turbiinin valmistus,

- v. 1981 solmittiin Westinghousen kanssa sopimus teknillisten tietojen vaihdosta,
- v. 1986 mennessä on valmistunut 60 kpl 125 MW ja 11 kpl 300 MW turbiineja,
- v. 1986 alkoi 600 MW turbiinin valmistus ja
- v. 1987 heinäkuussa valmistuu ensimmäinen 300 MW Westinghousen ydinvoimalaitosturbiini. Valmistuksessa Westinghouse toimi konsulttina.

Teräsvalut tehdään 90 t saakka itse valumalleineen ja materiaalivalintoineen ja -tutkimuksineen.
Pesien koneistus- ja kokoonpanohalli oli

moderni korkea halli, jossa työpaikkojen valaistus vaikutti niukalta. Järjestys oli hyvä ja työkoneet pääosin käytössä.

300 MW turbiinin kp- ja vp-roottorit valmistetaan taonta-aihoista ja pp-roottorit kootaan pienemmistä taontakappaleista (BBC:n menetelmä) ja hitsataan itse kehitettyä hitsausmenetelmää käyttäen (ei yhteistyötä BBC:n kanssa) ja työsetään amerikkalaisessa 3 M\$ maksaneessa monitoimikoneessa.

Kp- ja vp-pesien siivet jyrksitään täydestä aineesta. Pp-pesän alkuosalta käytetään niitattua sidepantaa. Uusimmat 860 mm viimeiset siivet ovat vapaasti seisovaa mallia.

Roottorien balansointi- ja ryntäyskokeet suoritetaan poikkeuksellisesti erillisessä

maan päälle rakennetussa tyhökammiossa, jonka halkaisija on 8 m ja pituus 28 m. Tältä osin on valmius tehdä 1000—1500 MW 1500 r/min ydinvoimalaitosturbiineja.

Kokoonpanossa olevat koneet ja roottorit olivat nykyaikaista valmistetta. Yhdellä tai kahdella säädetyllä väliotolla varustetuilla 50 MW turbiineilla käytetään säätöön kompaktin rakenteen ja pienet häviöt aiheuttavaa käännettävää johtosiipirengasta. Ainakin 300 MW yksiköiden säädössä voidaan haluttaessa käyttää sähköhydraulista säätöjärjestelmää.

Esitteiden mukaan höyryn arvot ovat yleisesti sovelletun mukaisia ja ilmoitetut kulutusosuudet hyviä ottaen huomioon jäähdytysveden mitoitustilapöytä (norm. 20 °C/maks. 33 °C). □

Kari Törrönen, VTT/MET

Nuclear Engineering Research & Design Institute (728 Institute), Shanghai

Nuclear Engineering Research & Design Institute, entiseltä nimeltään 728 Institute, vastaa Kiinan ensimmäisen oman ydinvoimalaitoksen suunnittelusta. Instituutin johtaja on tohtori Cao Dehong. Vierailun isäntänä toimi tohtori Ouyang Yu, Chief Design Manager. Muut tavatut henkilöt olivat Wang Dingquan, Chairman, Science & Technology Committee, Yang Juntao, Senior Engineer ja Miao Hongxing, Assistant Chief Engineer.

Instituutissa on n. 800 henkilöä, joista vähän yli 600:lla on tekninen koulutus. Instituutti jakaantuu hallinnolliseen osastoon ja seitsemään science & technology -osastoon. Nämä ovat:

Nuclear physics

- termohydrauliikka
- säteilysuojelu

Reactor component design

- reaktoripaineastia, sisäosat, polttoaine, säätösauvat

Systems

- pääkiertopiirit
- oheispiirit
- höyrystimet ja paineistimet
- polttoaineenkäsittelyjärjestelmät

Instrumentation & control

- elektroniset järjestelmät

Design of non-standard mechanical equipment

- lämmönvaihtimet ym.

Civil engineering

- reaktorin suojarakennus, muut rakennukset

General techniques

- NDE, lujuusanalyysit, materiaalit, korrosio.

Instituutissa ei ole kokeellista toimintaa, mutta läheisessä yhteistyössä toimii kokeellisella alueella Nuclear Research Institute, Science Academy of Shanghai. Tässä instituutissa tehdään mm. reaktoripaineastiaan ja polttoaine-elementteihin liittyvää tutkimusta.



Kuva 5. ATS:n viirejä luovutettiin matkalla 11 kappaletta. Kuvassa viiriä vastaanottaa Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Instituten johtaja Cao Dehong.

Vierailun aikana esiteltiin laajasti Kiinan omaa ja ensimmäistä ydinvoimaprojektia, Qinshan Nuclear Power Project. Projekti on yksityiskohtaisesti esitetty viiteissä 1 ja 2. Laitoksen sijoituspaikka ja projektin nykyvaihe esitellään Ami Rastaaan katsauksessa.

Qinshanin ydinvoimalaitos on 300 MW:n prototyyppilaitos. Suunnittelun lähtökohdana on ollut kiinalaisten ydinsukellusvenneiden reaktorit. Reaktorissa on kaksi kiertopiiriä. Tärkeimmät parametrit selviävät kuvista 1–2. □

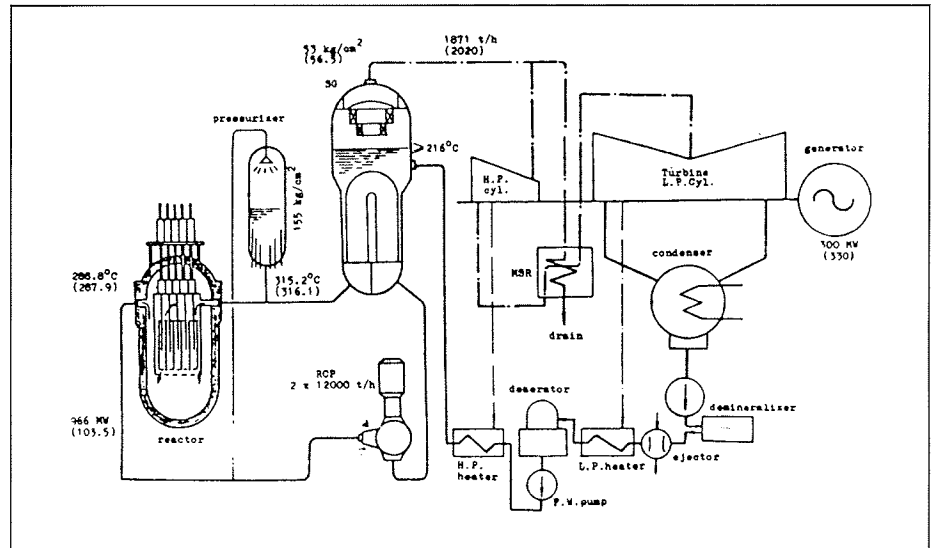
Projektin kokonaishinta esitettiin 350 milj. USD:ksi. Kokonaiskustannuksista 30 % muodostuu ulkomaisista toimituksista, 70 % Kiinan omasta osuudesta. Reaktoripaineastian toimittaa Mitsubishi, mutta sisäosat ja polttoaine ovat Kiinasta. Primaariputkisto tulee Ranskasta, pääkiertopumppu Saksan Liittotasavalasta ja höyrystimen tuubit Sandvikilta Ruotsista. Toimituksia COMECON-maista ei ole. Painistin, höyrystimet ja turbiinit ovat kiinalaista valmistusta.

Laitoksen suunnittelussa on pääpaino asetettu turvallisuudelle ja laadulle ennen taloudellisuutta. Laadunvarmistus on kansallisen ohjeen mukainen, ohje on pääpiirteittäin ASME:a vastaava. Laitoksen käyttöikä on 30–40 vuotta, paineastian saama säteilyannos tulee tällöin olemaan $3,3 \times 10^{19}$ n/cm² (> 1 MeV).

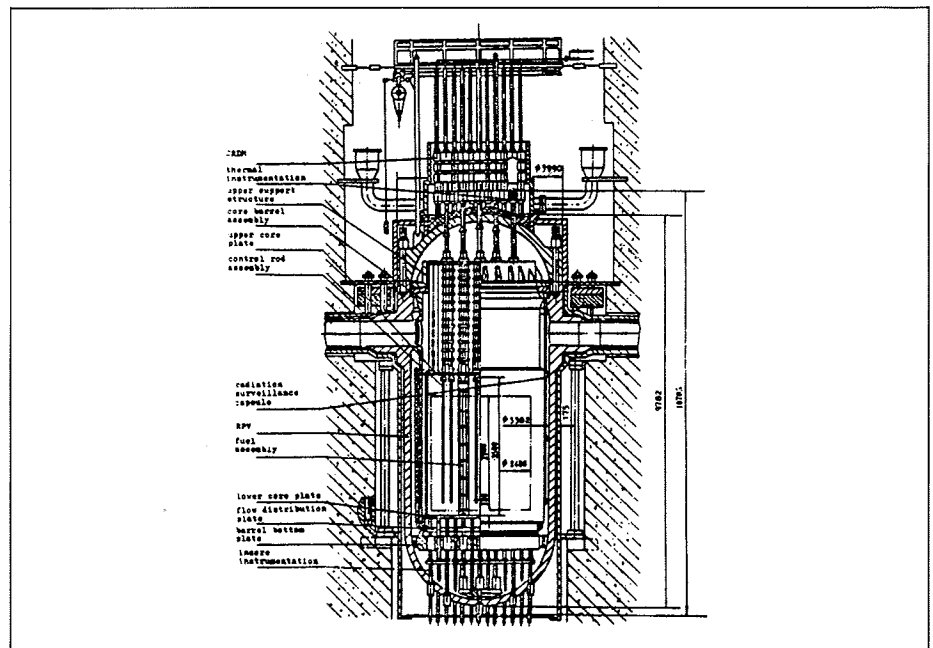
Jatkoprojektina on aloitettu 600 MWe:n laitoksen suunnittelu. □

VIITTEET

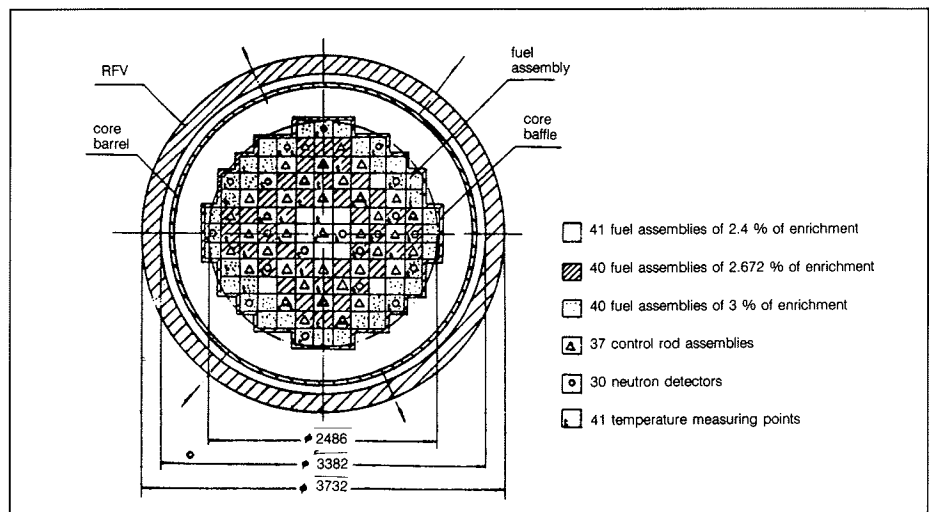
- Ouyang Yu, Design and Construction of the Qinshan Nuclear Power Plant. The 5th Conference of Pasific Basin Nuclear Technology, 1985, Seoul (South Korea), Proceedings, ss. 294–303.
- Ouyang Yu, Background for and Experience with Qinshan Project in China, International Atomic Energy Agency General Conference Twenty-ninth Regular Session — September 1985, Vienna.



Kuva 1. Qinshanin ydinvoimalaitoksen periaatekaavio.



Kuva 2. Qinshanin reaktorin vertikaalileikkaus.



Kuva 3. Qinshanin reaktorin horisontaalileikkaus sydämen kohdalta.

Qinshanin ydinvoimalaitostyömaa

Qinshanin ydinvoimalaitosprojektilla on merkittävä osa ydinvoiman käyttöönotossa Kiinassa. Hankkeen ensimmäinen vaihe käsittää sähkötehoaan 300 MW olevan PWR:n toteuttamisen. Laitoksen suunnittelussa ja rakentamisessa pyritään mahdollisimman suureen omavaraisuuteen kokemusten hankkimiseksi. Jatkossa on tarkoitus toteuttaa tehoaan 600 MW olevia PWR:iä, joiden rakenne perustuu 300 MW:n prototyypilaitokseen.

Zhejian maakunnassa Haiyon kunnassa sijaitsevalle Qinshanin laitospaikalle suuntautuneen vierailun isäntinä toimivat:

Yu Hong Fu, Director of Command Post
Shi Yi-Zhou, Vice-Chief Engineer
Zhang Huijan, County Vice-Magistrate

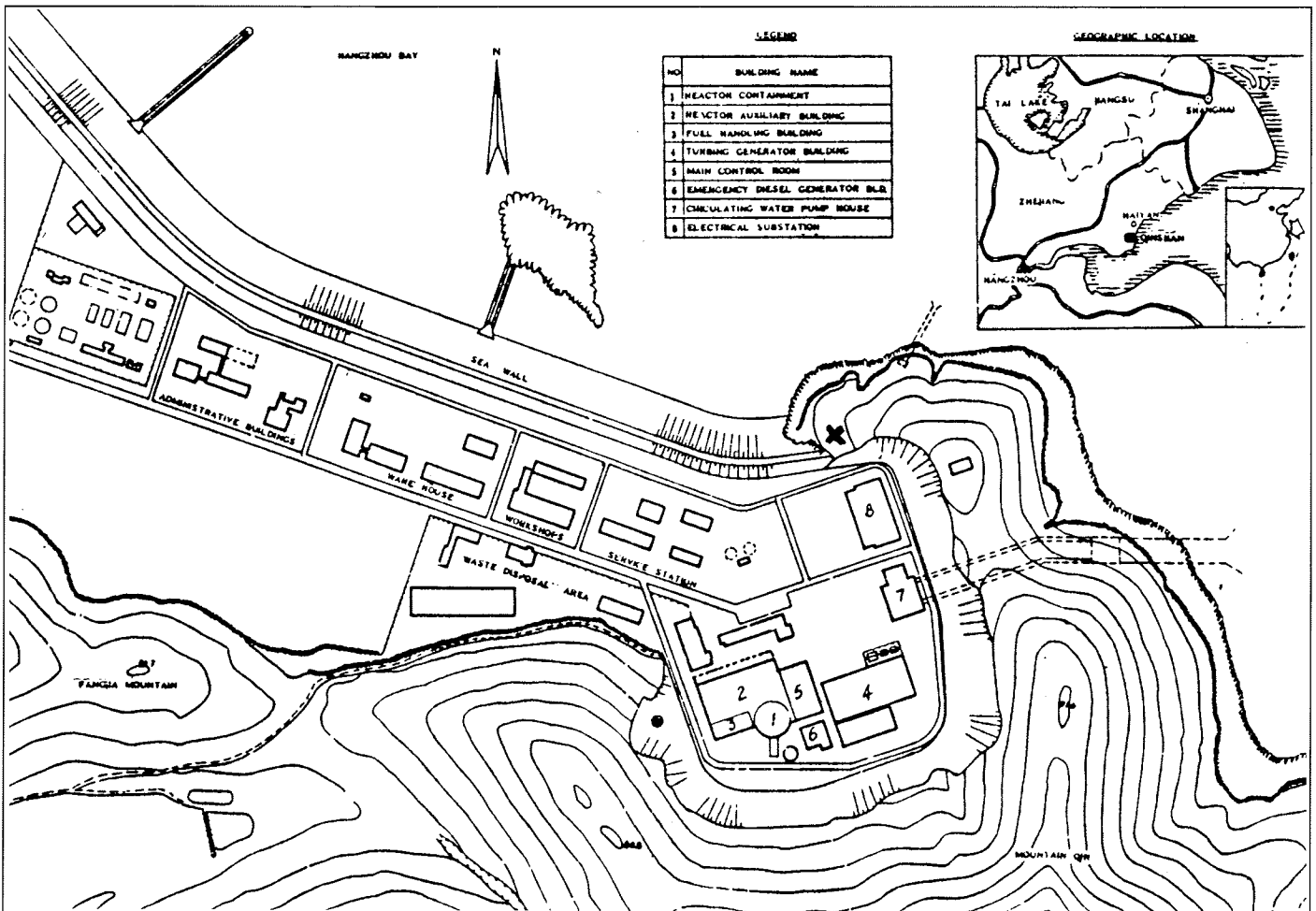
Laitospaikka sijaitsee Shanghai ja Hangzhou välissä Hangzhouin lahden rannalla. Maanteitse etäisyydet ovat 126 km Shanghaihin ja 92 km Hangzhouhun. Keskimääräinen väestötiheys 20 km säteellä laitoksesta on 254 henkilöä/km².

Rakennusten sijainti laitospaikalla ilmenee oheisesta kuvasta 1. Laitosalueen ja meren väliin on rakennettu 1780 m pitkä ja 9 m korkea pato vuoroveden vaihtelui-

den vuoksi. Voimalaitosrakennukset on sijoitettu 185 m korkean Qin vuoren kylkeen louhitulle tasanteelle. Louhittujen massojen kokonaismäärä on 1,2 milj.m³.

Laitospaikan geologiset olosuhteet on arvioitu stabiileiksi. Laitoksen suunnittelussa otetaan maanjäristys huomioon käyttäen maanpinnan kiihtyvyydelle arvoja 0,075 g (OBE) ja 0,15 g (SSE).

Jäähdytysvesi otetaan merestä kahden tunnelin (pituus 240 m, halkaisija 3,8 m) kautta. Jäähdytysvesi palautetaan mereen noin 400 m etäisyydelle sisäänottopaikasta. Makea vesi otetaan Changshanin ka-



Kuva 1. Rakennusten sijainti Qinshanin voimalaitosalueella.

navasta, johon laitospaikalta on matkaa 10 km.

Rakenteilla olevan 300 MW:n laitoksen lisäksi on laitospaikalle varattu tilaa neljälle 600 MW:n yksikölle.

Päätös Qinshanin 300 MW:n laitoksen rakentamisesta tehtiin hallitustasolla helmikuussa 1982. Samana vuonna aloitettiin maanrakennustyöt. Perustusten valu alkoi tammikuussa 1985. Suojarakennusta ryhdyttiin valamaan heinäkuussa 1985. Työn on arvioitu kestävän 1,5 vuotta.

Vierailuhetkellä suojarakennuksen sisäpuolinen laineri oli lopullisessa korkeudessaan. Betonivalu oli edennyt noin kaksikolmasosa-korkeuteen. Valutyöt turbiinirakennuksessa ja apurakennuksessa olivat saavuttaneet maanpinnan tason.

Komponenttien asennustyöt on tarkoitus toteuttaa vuosina 1987—1988. Käyttöönottokokeet on suunniteltu aloitettavaksi kesäkuussa 1988. Kokeisiin on varattu aikaa 1,5 vuotta, joten laitos on tarkoitus kytkeä verkkoon vuonna 1989.

Qinshanin ydinvoimalaitosprojekti toteutetaan ydinvoimaministeriön (MNI, Ministry of Nuclear Industry) alaisuudessa. Suunnittelusta on päävastuussa Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute. Rakennus- ja asennustyötä varten on olemassa erilliset MNI:n alaiset yhtiöt. Turvallisuusvalvonnan suorittaa The State Nuclear Safety Bureau.

Laitospaikalla oli noin 3500 työntekijää. Työntekijöiden maksimimäärä (noin 4500) saavutetaan vuonna 1987.

Esijännitettyä betonirakennetta olevan suojarakennuksen valussa käytetään laineria sisäpuolisena muottina. Ulkopuolinen muotti koostuu rinnakkain asetetuista $2 \times 2 \text{ m}^2$ levyistä. Valu suoritetaan vaiheittain yksi 2 m korkea rengas kerrallaan. Yhteen renkaaseen tarvitaan betonia 250 m^3 .

Turbiinirakennus toteutetaan erikoisella tavalla. Rakennuksen runko valetaan sivussa erikseen ja nostetaan sen jälkeen lopulliselle paikalleen.

Lainerin hitsaamisessa esiintyi alkuvaiheessa ongelmia. Hitsareitten vaihdon jälkeen tilanne on parantunut. Toisena esiintyneenä ongelmana isännät mainitsivat sen, että erä taivannilaisia betoniteräksiä jouduttiin hylkäämään huonon laadun vuoksi.

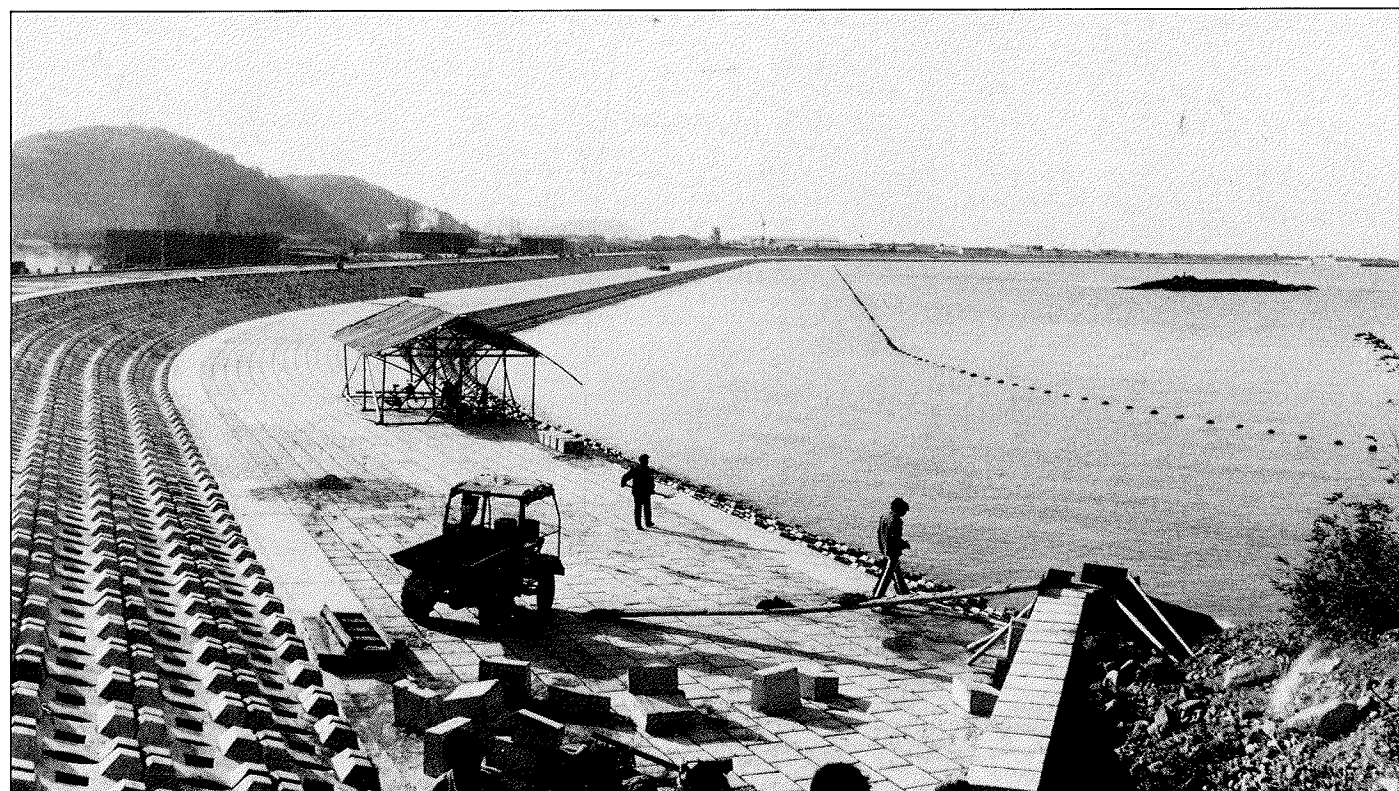
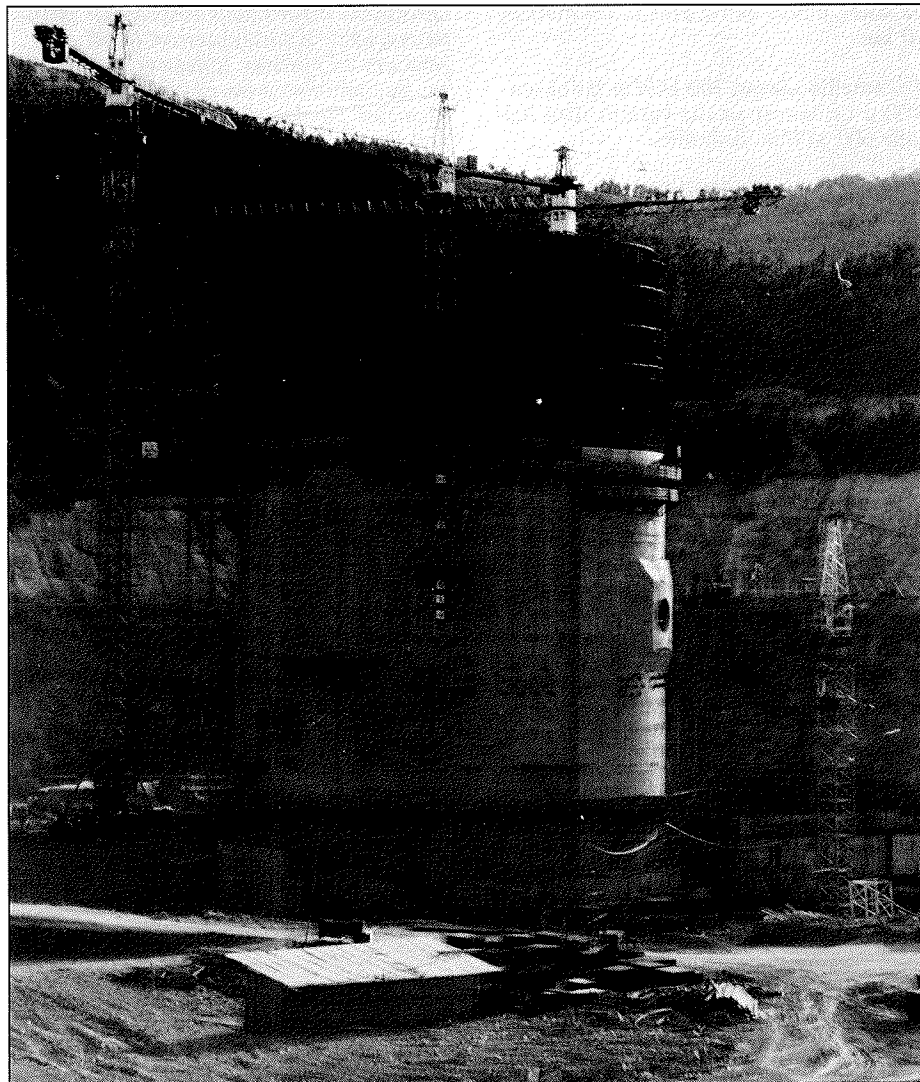
Isäntien mukaan laitoksen toteutuksessa sovelletaan periaatetta "safety first". Periaatteen noudattamisen merkityksen sanottiin kasvaneen Tshernobylin onnettomuuden seurauksena. Laadusta ei tulla tinkimään, vaikka se merkitsisikin aikatauluviiveitä tai turvautumista aiottua enemmän ulkomaisiin materiaali- ja komponenttitoimituksiin. □



Kuva 8. Yleisnäkymä Qinshanin ydinvoimalaitostyömaalta.

Kuvat 8, 9 ja 10 on kuvattu lähes samasta kohdasta käsin, karttakaaviossa piste \times . Kuva 8 etelään, kuva 9 sama teleobjektiivilla ja kuva 10 länteen pitkin pataa.

Kuva 9. Qinshanin ydinvoimalaitoksen suojarakennus.



Kuva 10. Qinshaniin rakennettu suojarahato vuorovettä ja aallokkoa vastaan.

Daya Bayn ydinvoimalaitosprojekti

Laitoksen tilaaja on Guandong Nuclear Power Joint Venture Co. (GNPJVC), jonka projektiorganisaatioon kuuluu tällä hetkellä n. 400 henkilöä. Yhtiön toimipaikka on Hongkongin naapurina oleva Shenzhenin kaupunki Guandongin maakunnassa. Laitospaikka Daya Bay sijaitsee linnun tietä 45 km Shenzhenistä itään. Hongkongiin on laitokselta matkaa 50 km.

Laitospaikka on muutaman sadan metrin korkuisten kukkuloiden reunastamalla rannikolla, jonka edustalla meriveden keskimääräinen vuotuinen lämpötila on 28 °C. Paikkatutkimukset aloitettiin v. -79 ja vuodesta -84 lähtien aluetta on valmisteltu voimalaitospaikaksi mm. suorittamalla laajoja tasaustöitä, rakentamalla tilapäinen 4 m syvyinen satama ja makeavesiallas, jonka tilavuus on 1,3 milj.m³. Tasattu alue on n. 50 ha, josta n. 10 ha on täytetty mereen. Merta vastaan laitosalue on suojattu 1,4 km pituisella pääosin 11 m korkealla suojavallilla. Sen uloin kerros on tehty n. 25 tonnin sokin sokin kasatuista betonikuutioista.

Käynnissä on 220 kV:n siirtolinjan rakentaminen ja itse laitospaikalla reaktorirakennuksen perustan kaivintyöt pienellä n. 60 miehen työvoimalla.

Paikalle johtava tie on uudistettu, mutta vain henkilökuljetuksia silmälläpitäen. Raskaat komponenttikuljetukset tullaan suorittamaan meritse lopullisen 10 m syvyyden sataman valmistuttua.

Laitoksen hankintasopimus allekirjoitettiin 23. syyskuuta -86. Sopimuksen mukaan ensimmäinen 900 MW:n yksikkö tulee käyttöön lokakuussa -92 ja toinen heinäkuussa -93. Ydinteknisen osan toimittaja on Framatome sekä turpiini- ja muun konventionaalisen osan Englannin General Electric Company. Electricite de France toimii architect engineer tyyppisenä konsulttina. Polttoainesopimus on tehty Framatome kanssa. Projektiin johto ja kokonaisvastuu aikataulusta on GNPJVC:llä.

Koko kaupan hinta on 3,7 miljardia US dollaria. Seitsemän ranskalaispankin

muodostama yhtymä rahoittaa 13 miljardin frangin luotolla reaktorien, polttoaineen ja suunnittelupalvelujen hankinnan. Kymmenen englantilaista pankkia osallistuu 420 milj. punnan luottoon, jolla rahoitetaan hankinnan konventionaalinen osa. Lopusta rahoituksesta vastaa Bank of China, joka myös takaa muilta saadut luotot.

Laitospaikalla tähän mennessä tehdyt työt on suorittanut China International Mining Co. Rakennustyöt tullaan antamaan yhtymälle, jossa päävastuu annetaan alan näyttöä omaavalle ulkomaalaiselle yhtiölle ja muina osakkaina on 3-4 muuta yhtiötä, kaikki tai osa kiinalaisia. Ensimmäiset betonivalut reaktorirakennuksen pohjassa tehdään elokuussa -87, jolloin viranomaisilta odotetaan rakennuslupa. Projektiin tulee toimittajien oma työvoima asumaan laitospaikan välittömään läheisyyteen valmistuvissa kerrostaloissa. Ranskalaisen asiantuntijajoukon kokonaisvahvuudeksi projektin aikana arvioitiin 200 henkeä. □



Suomen Konsulaatti Hong Kongissa

Välttömästi saavuttuamme Hong Kongiin vierailimme Suomen Konsulaatissa. Teollisuussihtööri Veikko Vätilä kertoi meille omasta roolistaan ja tehtävistään Kaakkois-Aasian alueella sekä esitteli vastasolmitun Suomen ja Kiinan välisen teknistieteellisen sopimuksen pääperiaatteet.

Teollisuussihtöerän tärkein tehtävä on teknistieteellisen ja teollisen yhteistyön edistäminen lähinnä Indonesian ja Kiinan kanssa. Periaatteessa kaikissa yhteistyöprojekteissa on oltava yritysintressi mukana ja yleistavoitteena on suomalaisen teollisuuden kilpailukyvyyn parantaminen. Toinen tehtävä on teollisuuden kehityksen seuranta erityisesti Kiinassa, Taiwanissa, Hong Kongissa ja Singaporessa ja tältä pohjalta vaikuttaminen myös suomalaisen tutkimus- ja kehitystoiminnan suuntaamiseen. Kolmanneksi teollisuussihtöerän rooliin kuuluu asiantuntija-avun antaminen mm. sopimusteknisissä ja teollisoikeudellisissa kysymyksissä sekä yritysten antamien toimeksiantojen suorittaminen.

Teollisuussihtöerän osuus on ollut tärkeä muun muassa valmisteltaessa Suomen ja Kiinan välistä teknistieteellistä yhteistyösopimusta, jonka pääministeri Kalevi Sorsa allekirjoitti Kiinan vierailunsa yhteydessä syyskuussa 1986. Sopimuksen sopijapuolet ovat Suomessa KTM ja Kiinassa Tieteen ja Teknologian Valtionkomitea. Sopimus on puitesopimus, eikä siinä ole tarkemmin määritelty yhteistyöaloja. Sovittuja yhteistyömuotoja ovat tiedonvaihto, tutkijavaihto, yhteistyöprojektit, yhteistyökokoukset ja tutustumiskäynnit. Sopimuksen mukaan molemmat maat ehdottavat itseään kiinnostavia yhteistyöaloja ja näiden pohjalta valmistellaan sopivat yhteistyöprojektit. Rahoitusjärjestelyistä, tulosten hyödyntämisestä ja teollisoikeudellisista asioista sovitaan kunkin projektin kohdalla erikseen. Projektin käynnistämävaiheessa on mahdollista saada myös valtion rahoitusta ja apua, mikäli projekti toteutetaan yhteistyösopimuksen puitteissa.

Seuraavassa on lueteltu tähän mennessä ehdotetut yhteistyöalueet, joista muutama kohdalla on jo jatkoneuvottelut käynnistetty. □

Suomen ehdottamat

terveydenhoito
sairaalatekniikka
energia
geologia, maanmittaus
meteorologia
materiaalitutkimus
meritekniikka
merentutkimus
kaupunkisuunnittelu
sähkötekniikka
puolijohteet
avaruustutkimus
ympäristönsuojelu
vuorityö, metallurgia
maatalous
metsäteollisuus
kaukoviestintä
rautatietekniikka
pukuteollisuus
biokemia
kylmävarastointi
lasitekniologia

Kiinan ehdottamat

vuorityö, metallurgia
meijeritekniologia
maatalous
metsänhoito
ympäristönsuojelu
maanmittaus, kartoitus
meteorologia
farmasia
laivanrakennus
paperin valmistus
kaukoviestintä
turkiseläintekniologia

