

ATS

Ydintekniikka n:o 4/1979

PÄÄKIRJOITUS	1
FINNATOMIN NYKYNÄKYMIÄ	5
KEMENYN KOMISSION TMI-RAPORTTI JA PRESIDENTTI CARTERIN KANNANOTTO	9
PUGWASHIN ASENNE YDINENERGIAAN Jorma K Miettinen	15
LOVIISAN KOULUTUSSIMULAATTORI M Nevalainen	25
TURVALLISUUSTUTKIMUKSEN NÄKÖALAT SUOMESSA TURVALLI- SUUSVIRANOMAISEN KANNALTA T Eurola	55
REACTOR SAFETY REGULATION AND SUPPORTING R & D IN FINLAND T Eurola	60
REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUS USA:SSA TMI-ONNETTO- MUUDEN JÄLKEEN	69
REACTOR SAFETY RESEARCH IN THE USA AFTER TMI Dr. G D McPherson, NRC	70
MATKAKERTOMUS MATKALTA NEUVOSTOLIITTOON 16.-21.9.1979	
- Izhoran tehtaات	75
- Elektrosilan tehtaات	80
- Leningradin lämpövoimainstituutti LOTEF	82
- Leningradin ydinvoimalaitos	86
- Narvan palavan kiven voimalaitos	92

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO 4/1979
JOULUKUU 1979
JULKAISIJA SUOMEN ATOMITEKNILLINEN SEURA -
ATOMTEKNISKA SÄLLSKAPET I FINLAND R.Y.

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA
TKT LASSE MATTILA
PUH. 90-648931
VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI 18

TOIMITTAJAT
DI MATTI HANNUS
PUH. 90-648931
VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI 18

FM LAURO TUURA
PUH. 90-6172471
HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI 10

ATS:N TOIMIHENKILÖT v.1979

PUHEENJOHTAJA
TKT OLLI TIAINEN
PUH. 90-6172470
HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI 10

VARAPUHEENJOHTAJA
DI PAAVO HOLMSTRÖM
PUH. 939-37211
RAUMA-REPOLA OY, PORIN TEHTAAT
PL 96
28101 PORI 10

RAHASTONHOITAJA
TKT PEKKA HIISMÄKI
PUH. 90-4566320
VTT/REAKTORILABORATORIO
OTAKAARI 3 A
02150 ESPOO 15

SIHTEERI
FM JORMA KARJALA
PUH. 90-520379
TEOLLISUUDEN VOIMA OY
KUTOJANTIE 8
02630 ESPOO 63

JOHTOKUNNAN JÄSEN
DI ANTERO RAADE
PUH. 90-6160267

JOHTOKUNNAN JÄSEN
TKL AMI RASTAS
PUH. 90-523522

JOHTOKUNNAN JÄSEN
FL ANNELI SALO
PUH. 90-544212

YLEISSIHTEERI
DI PEKKA LOUKO
PUH. 90-6160474

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI 10

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
KUTOJANTIE 8
02630 ESPOO 63

SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOS
PL 268
00101 HELSINKI 10

IMATRAN VOIMA OY
EERIKINKATU 27
00180 HELSINKI 18

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

1. Energiapolitiikan tavoitteet

Tarkasteltaessa ydinenergian osuutta maamme energiahuollossa lähivuosikymmenen aikana eivät pelkät energian kysyntäennusteet ole riittäviä. Laativalla tavoitteellisen energiapolitiikan suuntaviivat voidaan arvioida eri energialähteiden, myöskin ydinenergian roolia ko. politiikan toteuttamisessa.

Öljyn hinnan viimeaikaiset, voimakkaat nousut ja odotettavissa oleva öljyn niukkuus antavat aiheen asettaa maamme energiapolitiikan ensisijaiseksi tavoitteeksi öljyriippuvuuden vähentämisen. Tavoitteeseen voidaan pyrkiä energian säästämällä, lisäämällä voimakkaasti kotimaisten polttoainoiden käyttöä ja hiilen käyttöä rannikkoseuduilla sekä rakentamalla ydinvoimaa.

Suraavassa tarkastellaan energiakysynnän ja hankinnan kehittymistä skenaariotekniikalla tilanteessa, jossa öljystä pyritään irti vuoteen 2000 mennessä. Tätä taustaa vasten arvioidaan myöskin ydinenergian asemaa seuraavien 20 vuoden aikana. Analyysin perustana oletetaan kansantulon ja teollisuustuotannon kaksinkertaistuvan vuosituotannon loppuun mennessä. Tämä vastaa keskimäärin kolmen prosentin vuotuista kasvua.

2. Energiakysynnän kehittyminen

Öljyn energiakäyttö

Noin kolmannes nykyisestä öljynkulutuksesta, 12 Mtoe/a on luettavissa niin sanottuun öljyyspesisfiseen kysyntään, joka sisältää liikenteen ja öljynjalostuksen öljyn kysynnän (kuva 1). Öljyn korvaaminen tällä alueella seuraavien 20 vuoden aikana tuskin onnistuu laajamittaisesti.

Sen sijaan suurimmilla öljyn ei-spesifisillä alueilla, rakennusten lämmityksessä ja teollisuuden polttoaineiden käytössä öljyn korvaamiseen lähivuosikymmenen aikana on hyvät mahdollisuudet.

Rakennusten lämmitys

Rakennusten lämmityksen energiakysynnän kehittymisen arvioimiseksi on sopivaa jakaa rakennustilavuus kaukolämmittettävään ja talokohtaisesti lämmitettävään osaan (kuva 2). Rakennusten lämmityksessä kuluu energiaa nykyisin hieman yli 6 Mtoe/a, josta öljyä 4 Mtoe/a

Kun nykyisin hieman yli neljännes rakennustilavuudesta on kytketty kauko- ja aluelämpöverkkoihin, arvioidaan luvun nousseen 50 prosenttiin vuoteen 2000 mennessä. Tämä merkitsee kaukolämmityksen laajentamista suurimpien kaupunkien ohella myös pieniin kaupunkeihin. Kaukolämmityksessä öljyriippuvuudesta pyritään irti rakentamalla kotimaisia polttoaineita käyttäviä lämpökeskuksia ja lämmitysvoimalaitoksia, rannikkoseuduilla myös hiilikäyttöisiä laitoksia.

Talokohtaisessa lämmityksessä öljystä irroutautuminen on toteutettavissa energian säästämisen, kotimaisten polttoainoiden ja sähkölämmityksen avulla. Talokohtaisesti lämmitettävä rakennustilavuus voidaan edelleen jakaa seuraavasti:

- yksinomaan sähköä ulkopuolisena energiana käyttävään osaan mahdollisesti yhdistettyä aurinkoenergiaa hyväksikäyttäviin ratkaisuihin,
- ensisijaisesti kotimaisia polttoaineita käyttävään osaan mahdollisesti yhdistettynä sähkölämmitysratkaisuihin käyttömukavuuden aikaansaamiseksi.

Kummassakin talokohtaisen lämmityksen osassa arvioidaan olevan vuonna 2000 noin 500 000 asuntoa. Tällä hetkellä maassamme on noin 170 000 täyssähkölämmitteistä asuntoa. Yli 300 000 öljykeskuslämmitteisessä asunnossa öljyn korvaaminen tulee ajankohtaiseksi lähivuosina.

Energian säästäminen muodostuu rakennusten lämmityksessä merkittäväksi "energiälhteeksi". Tämä johtuu rakennusten eristystason kohentamisen aiheuttamasta ominaiskulutusten laskusta. Seuraavassa arvio keskimääräisten ominaiskulutusten kehittymisestä vuoteen 2000:

	1980	2000
kaukolämmitys (sisältää siirtohäviöt) talokohtainen vesikeskuslämmitys (polttoaineella tai sähköllä)	75	60 kWh/m ³ a
ilmalämmitys	40	40 "
suora sähkölämmitys	50	40 "
lämpöpumput	-	30 "
aurinkopanelit	-	20 "

Kaukolämmityspotentiaali edustaa myös huomattavaa sähköntuotantomahdollisuutta. Sähköntuotantokapasiteettia on rakennettavissa lisää 1200...1300 MW vuoteen 2000 mennessä, mikäli kaukolämmitys laajenee voimakkaasti maassamme ja pienehköt voimalaitokset tulevat taloudellisesti kannattaviksi. Kaukolämmitysvoimalaitosten tuotannon arvioidaan kehittyvän seuraavasti:

	1978	1990	2000
kaukolämpö	7,0	11,8	18,3 TWh/a
sähkö	3,2	6,5	11,0 "

Teollisuus

Kasvuarvioiden mukaan teollisuustuotantomme kaksinkertaistuisi vuoteen 2000 mennessä (kuva 3). Teollisuuden sähkön ja polttoainoiden kysynnän arvioidaan kehittyvän seuraavasti:

	1978	1990	2000
sähkö	19,8	29,5	37,2 TWh/a
polttoaineet (ilman sähköntuotantoa)	6,2	7,3	8,5 Mtoe/a

Arviossa oletetaan teollisuuden kehittyvän vähemmän energiaa kuluttavaan suuntaan erikoisesti polttoainoiden osalta.

Öljyn osuus teollisuuden polttoainoiden tarpeesta on nykyisin noin puolet. Teollisuus käyttää jo nyt runsaasti kotimaisia polttoaineita. Irroutautuminen öljystä merkitsee erilaisten jätteiden ja hukkalämmön talteenoton huomattavaa lisäämistä sekä turpeen ja hakkeen käytön lisäämistä, rannikkoseuduilla osaksi myös kivihiilen käytön lisäämistä.

Teollisuuden lämmöntuotannon yhteydessä tuotetaan myös sähköä. Teollisuuden vastapaine- ja prosessilauhdutussähköntuotannon arvioidaan kehittyvän seuraavasti:

	1978	1990	2000
	6,4	9,1	11,6 TWh/a

Jos metsäteollisuudessa siirrytään uusiin tuotantomenetelmiin kuten kuumahiertoon ja lisääntävissä jalostusasteissa lisääntyvät vastapainevoiman tuotantomahdollisuudet vähemmän.

Sähkön kysyntä ja tuotanto

Sähkön kysynnän kehittymiseen vaikuttaa olennaisesti se, missä määrin rakennusten lämmityksessä öljyä korvataan sähköllä. Arvioiden mukaan sähkön kysyntä kehittyisi seuraavasti (kuva 4):

	1978	1990	2000
	35,3	57,0	74,0 TWh/a

Sähkön tarpeen kasvu peitetään ensisijaisesti vastapainevoimalla ja loput ydinvoimalla. Sähkön tuotantokapasiteetin arvioidaan kehittyvän seuraavasti:

	1978	1990	2000
kaukolämpövoima	1000	1600	2200 MW
teollisuuden vastapaine- ja prosessilauhdutusvoima	1000	1400	1800 "
ydinvoima ja sähkön tuonti	700	2800	4800 "
konv. lauhdutusvoima	3200	3200	3200 "
vesivoima	2100	2200	2300 "
huippuvoima	1000	1000	1000 "
yhteensä	9000	12200	16600 "

Energian kokonaiskysyntä

Edellä esitetyn perusteella kehittyvä energian kokonaiskysyntä kuvan 5 mukaisesti. Öljyn osuus energian kysynnästä on nykyisin noin 50 %. Esitetyjen toimenpiteiden vaikutuksesta sen osuus laskisi vuoteen 2000 mennessä 20 prosenttiin.

Kotimaisten polttoaineiden kysyntä muodostuu huomattavan suureksi (kuva 6), vuonna 2000 noin 10 Mtoe/a, joka vastaa 115 milj.m³ jyrshinturvetta tai haketta vuodessa. Energiaomavaraisuusasteemme on nykyisin noin 27 % ja tarkasteltujen toimenpiteiden ansiosta se nousisi 40 prosenttiin.

Kivihiilen kysyntä kaksinkertaistuisi nykyisestä nousien noin 7 Mtoe/a vuonna 2000. Ydinvoimaa tai sähkön tuontia tarvittaisiin nyt käytössä ja rakenteilla olevien neljän yksikön ja voimassa olevien sähköntuotantosopimusten lisäksi noin 2000 MW.

Suurimmaksi "energiälähteeksi" muodostuisi energian sähkö. Jos vertailukohtana pidetään nykyisiä energian ominaiskulutusarvoja (laskettuna lämmitettävää rakennustilavuutta, teollisuuden jalostusarvoa, liikennesuoritetta jne. kohden), on arviossamme päädytty eri sektoreissa seuraaviin energian säästöihin:

	1990	2000
rakennusten lämmitys	0,5	1,0 Mtoe/a
teollisuus	2,6	4,5 "
liikenne	0,4	0,8 "
muu kysyntä	0,2	0,5 "
yhteensä	3,7	6,8 "

Yhteenveto energian kysynnän kasvusta

Kuvassa 7 on esitetty yhteenveto energian kysynnän kasvun ja öljyn korvaamisen peittämisestä. Kasvu on jaettu kahteen osaan: varsinaiseen kasvuun ja öljyn korvaamisen aiheuttamaan lisäkasvuun. Öljyn korvaamisen osuus kokonaiskasvusta on noin kolmasosa. Lisäksi kuvaan on merkitty energian säästämisen aiheuttama kasvun pieneneminen.

3. Ydinvoiman rakentaminen tai sen korvaaminen muilla energialähteillä

Edellä esitetyssä energiaskenaariossa oletettiin kansantulon ja teollisuustuotannon kaksinkertaistuvan vuosituhannen loppuun mennessä. Tämän pohjalta muodostettiin energian kysyntäennusteet seuraavien ehtojen:

- rakennusten lämmityksessä pyritään energiaa säästämään runsaasti
- kaukolämpöverkko rakennetaan lähes loppuun vuoteen 2000 mennessä
- talokohtaisessa lämmityksessä sähkölämmitys eri muodoissa tulee yleisimmäksi lämmitystavaksi
- teollisuuden sähkön ja erityisesti polttoaineiden kysyntä kasvaa huomattavasti hitaammin kuin viime vuosikymmenen aikana, mikä seljyyttää teollisuudessa rakennemuutosta vähemmän energiaa kuluttavaan suuntaan
- sähkön kysynnän kasvu perustuu suurelta osin sähkölämmityksen voimakkaaseen lisääntymiseen muun kysynnän kasvun ollessa suhteellisen hitaan sähkön tarve peitetään ensisijaisesti rakentamalla vastapainevoimaa kaukolämmityksessä ja teollisuudessa. Loput peitetään rakentamalla ydinvoimaa.

Perusasetelma energiantarpeen kasvun peittämisessä ja öljyn korvaamisessa muodostuu seuraavaksi:

	1978	1990	2000
kivihiili	3,5	5,9	7,2 Mtoe/a
	5,7	9,6	11,7 milj.t/a
ydinvoima ja sähkön tuonti	1,1	4,3	6,8 Mtoe/a
	4,4	17,0	27,2 TWh/a
kotimaiset polttoaineet	4,0	7,4	10,4 Mtoe/a
	44	80	115 milj.m ³ /a
			jyrshinturvetta

Arvic sisältää kaksi 1000 MW:n ydinvoimalaitosyksikköä, joista ensimmäinen otettaisiin käyttöön heti 1990-luvun alussa ja toinen loppupuolella.

Mitä merkitsee, jos 1000 MW:n ydinvoimalaitosyksikkö korvataan muilla energialähteillä?

Seuraavassa tarkastellaan kolmea tapautta:

- laitos korvataan 1000 MW hiilivoimalaitoskapasiteetilla
- laitos korvataan 1000 MW turvelauhdutusvoimalaitoskapasiteetilla
- korvataan sähkölämmitystä n. 6 TWh/a, mikä vastaa 1000 MW yksikön tuotantokykyä paikallisilla hiili- ja turvekattiloilla.

a) Hiililauhdutusvoima

Hiililauhdutusvoiman tuotantokustannukset ovat tämän päivän kustannustiedoilla hiukan korkeammat kuin ydinvoiman. Lisäksi ydinvoimalla on hiileen verrattuna seuraavia etuja.

Polttoainekustannukset 1000 MW yksiköllä ovat hiilellä noin 500 Mmk/a, ydinvoimalla vain 200 Mmk/a. Ydinvoiman kotimaisuusaste ja työllistävä vaikutus Suomen teollisuudelle ovat korkeammat. Hiili maksetaan todennäköisesti länsivaluutoissa kun taas ydinvoimalla voidaan lisätä maallamme edullista bilateraalia kauppaa Neuvostoliiton kanssa. Lisäksi ydinvoimayhteistyö tarjoaa mahdollisuuksia vientiin kolmansiin maihin.

b) Turvelauhdutusvoima

1000 MW ydinyksikön korvaaminen turvelauhdutusvoimalla vaatisi noin 17 milj.m³/a lisää turvetuotantoa. Skenaariossamme esitetty turpeen tarve oli jo ilman ydinvoiman korvaamista 50 milj.m³/a. Turvetuotannon nostaminen 70 milj.m³:iin vuodessa ei asiantuntijoiden käsityksen mukaan tunnu mahdolliselta.

c) Sähkölämmityksen korvaaminen

Jos 1000 MW ydinvoimalaitos korvataan käyttämällä kotimaisia polttoaineita tai kivihiiltä rakennusten lämmityksessä lämmitys-sähkön asemasta voidaan todeta seuraavaa:

- Sähkölämmitettyjä asuntoja tulisi skenaarioomme verrattuna (n. 1 milj. asuntoa) noin 400 000 vähemmän.
- hiilen kulutus kasvaisi noin 1,5 milj.t tai turpeen kulutus noin 10 milj.m³ vuodessa.
- paikallisia hiili- tai turvekäyttöisiä kattiloita tarvittaisiin lisää noin 5000 MW eli 20 000...100 000 kpl riippuen siitä kuinka keskitetyksi lämmitys hoidettaisiin.

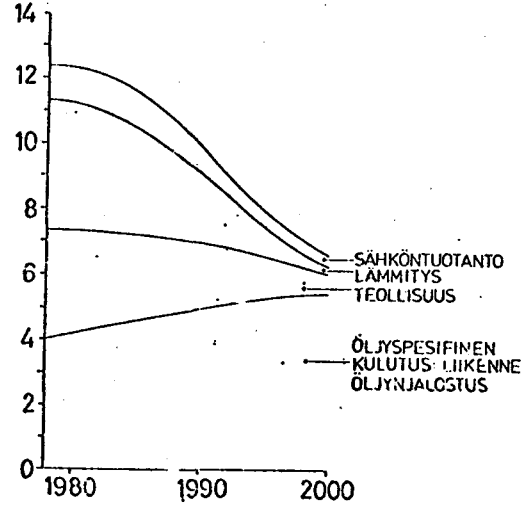
Kumpi ratkaisu on parempi ja taloudellisempi, siihen ei tämän päivän tiedoilla vielä pystytäkään vastaamaan, mutta asiaa tutkitaan intensiivisesti selvittämällä toisaalta ydinvoiman rakentamista yhteistyössä Neuvostoliiton kanssa n.k. teknillisen projektin puitteissa ja toisaalta selvittämällä kotimaisten polttoaineiden hankintamahdollisuuksia sekä rakennuskantamme lämmitysmahdollisuuksia eri vaihtoehtojen puitteissa.

KUVA 1

Kuva 1

ENERGIAPOLITIIKAN TAVOITE:
ÖLJYRIIPPUVUUDEN VÄHENTÄMINEN

Mtoe/a ÖLJYN ENERGIAKÄYTTÖ

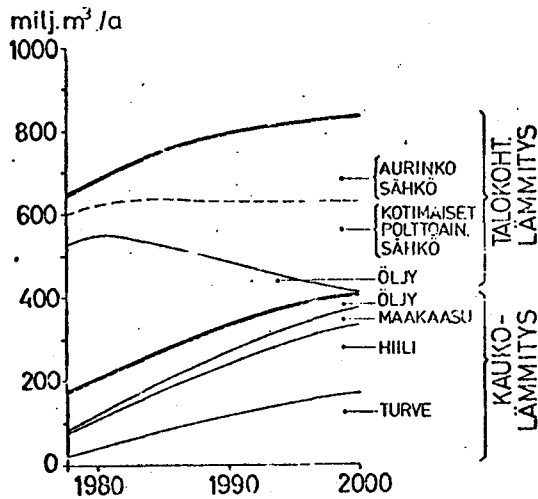


12-8807-2
25.11.88
1396-

KUVA 2

Kuva 2

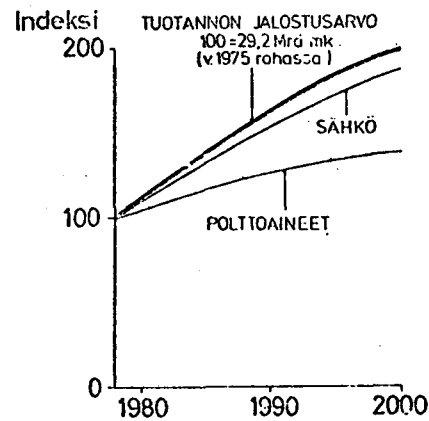
RAKENNUSKANNAN JAKAANTUMINEN
ERI LÄMMITYSMUODOILLE



12-8807-3
25.11.88
1396-

Kuva 3

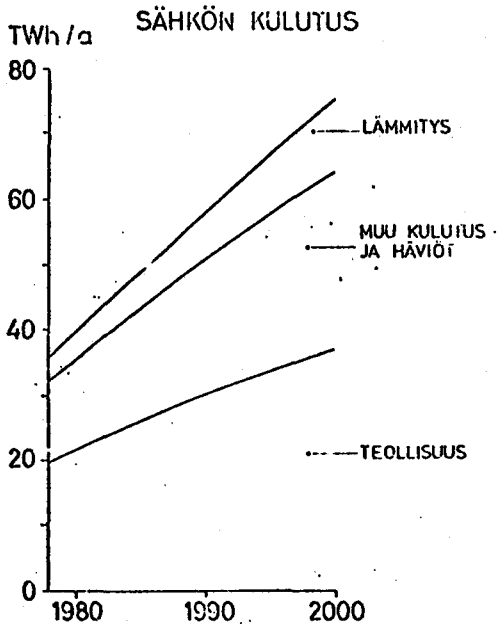
TEOLLISUUSTUOTANTO JA
ENERGIAN TARVE



12-8807-4
25.11.88
1396-

Kuva 4

KUVA 4

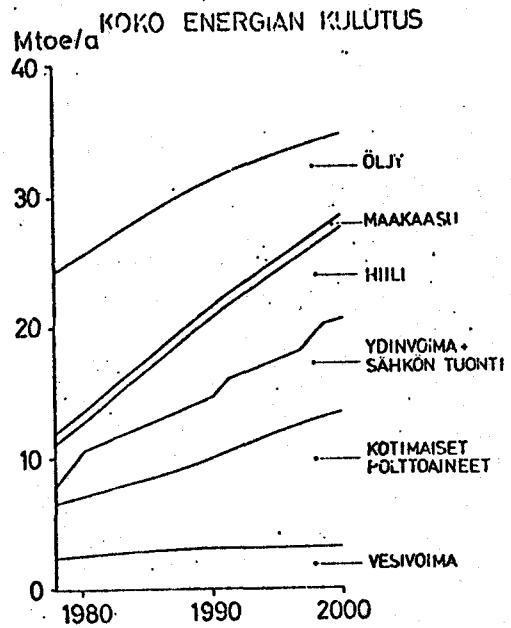


11-E 201/8
26.11.78
E55/Lon

KUVA 6

Kuva 5

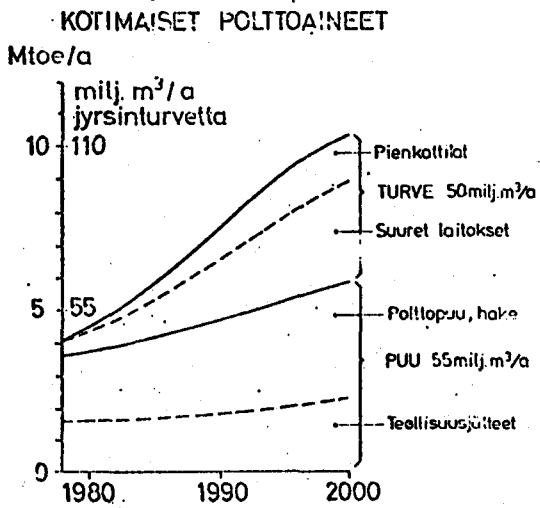
KUVA 5



11-E 201/8
26.11.78
E55/Lon

KUVA 7

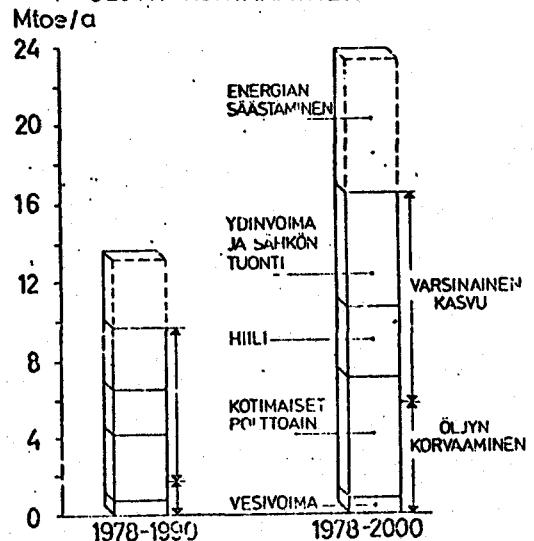
Kuva 6.



11-E 201/8
26.11.78
E55/Lon

Kuva 7

ENERGIAN TARPEEN KASVU JA ÖLJYN KORVAAMINEN



11-E 201/8
26.11.78
E55/Lon

FINNATOMIN NYKYNÄKYMIÄ

Yhtiömme toiminta jakautuu kuten tunnettua pääasiallisesti kahteen sektoriin. Tarkoituksenamme on toisaalta koordinoida osakasyhtiöittemme ydinteknillisten laitteiden ja järjestelmien tutkimukseen ja kehitykseen ja toisaalta niiden markkinointiin liittyvät aktiviteetit. Nämä toiminnot kytkeytyvät osittain varsin läheisesti toisiinsa. Menestyksellisen markkinoinnin eräänä tärkeänä edellytyksenä voitaneen pitää tu-
loksellista tutkimus- ja kehitystyötä.

1. Tutkimus ja kehitys

Finnatomin tutkimus- ja kehitystyön suuntaamista ja harjoittamista ohjaavat tällä hetkellä kolme päätekijäryhmää: suhteellisen lyhyellä tähtäyksellä näköpiirissä olevien komponenttikauppojen ja laitosvientihankkeiden erityisvaatimusten edellyttämä työ, 1000 MW:n reaktorilaitoksiin tapahtuvia kotimaisia ja vientitoimituksia valmisteleva työ sekä SECURE-lämmitysreaktoriin liittyvä toiminta.

Ensimmäiseen ryhmään kuuluu mm. joukko jo pääosin valmiiksi kehitettyjen komponenttien edelleenkehitystyötä mahdollisen tulevan laitospaikan seismisiä olosuhteita, poikkeuksellisen korrodoivaa jäähdytysvettä yms. tekijöitä silmällä pitäen. Erään tähän ryhmään kuuluvan kehitystarvetta jakuvasti ylläpitävän tekijän muodostaa myös teollisuusmaissa alati kiristytvä vaatimustaso. Tästä on saatu kouriintuntuvia esimerkkejä mm. Yhdysvaltoihin (henkilösulut) ja Ruotsiin (mm. reaktorin sisäosat) suuntautuneissa offensiiveissa. On luonnollisesti muistettava myös ASME-koodin uuden painoksen (1980) ja ilmeisesti myös vuonna 1980 ilmestyvän uuden neuvostoliittolaisen ydinteknisten laitteiden lujuuslaskentanormien edellyttämä jatkotyö eri sektoreilla.

Helposti tulee mieleen myös kysymys - onko Harrisburgin onnettomuudella ollut vaikutuksia valmistavan teollisuuden tutkimus- ja kehitystyöhön Suomessa. Tähän voisi yleisesti todeta, että onnettomuuden jälkiselvittelyt ovat suunnanneet viranomaisten katseet entistä enemmän sekundääri- ja apujärjestelmien puolelle eli sinne missä meilläkin on tarkoitus toimia entistä aktiivisemmin jatkossa sekä vientihankkeiden että tulevien kotimaisten hankkeiden osalta. Tämä korostaa luonnollisesti edelleen näiden puunjalostusteollisuuden ja kemian teollisuuden komponentteja ja järjestelmiä muistuttavien laitteistojen ydinteknistä tasoa ja tuo mukanaan luonnollisesti lisäkehitystyötarvetta.

1000 MW:n reaktortyyppeihin tapahtuvia laajamittaisempia toimituksia (eräitä komponentteja on jo kyllä länteen myyty) valmisteleva työ on tässä vaiheessa valtaosin seuranta- ja perusselvitystoimintaa sekä kehitystyön suunnittelutoimintaa. Selväähän on, että edellä kuvattu konkreettinen toiminta palvelee myös 1000 MW:n laitosten tarkoituseriä. Päämääränä on nostaa seuraavan kotimaisen laitoksen kotimaisuusastetta merkittävästi aikaisemmista sekä varmistaa myös samalla tähän reaktortyyppiin liittyviä vientitoimituksia.

SECURE-lämmitysreaktorin kohdalla ollaan eri tahoilla suoritetuissa jatkoselvitys- ja kehitystyöissä päästy tai pääsemässä siihen tilanteeseen, että yksityiskohtainen paikkaan sidottu suunnitteluprojekti eli nk. tekninen projekti, samaan tapaan kuin julkisuudessa on esitetty seuraavan 1000 MW:n laitoksemme suhteen meneteltävän, tulisi suhteellisen pian käynnistää. Tätä valmistelevaa kehitystyötä suoritetaan parhaillaan.

Energiatuotantoon liittyvä hintakehityshän näyttää tekevän SECURE-lämmitysreaktorin yhä houkuttelevammaksi peruskuormalähteeksi. Kuoriositeettina mainittakoon, että ruotsalaisessa Borlängen kaupungissa ydinenergian käyttöä kannattavan "eurooppalaisen työväen puolueen" paikallinen osasto keräsi kymmenessä päivässä 1000 nimeä adressiin, missä vaaditaan SECURE-laitoksen rakentamista kaupunkiin.

2. Markkinointi

On luonnollista, että Finnatomin piirissä varsin tarkoin seurataan Ruotsissa tapahtuvaa kehitystä ydinvoimarentamalla. Tämä korostuu tällä hetkellä, kun joudumme omassa maassamme ehkä eräitä sinänsä varsin mielenkiintoisia käytetyn polttoaineen varastointiin liittyviä poikkeustapauksia lukuunottamatta tyytymään lähinnä jo toimitettujen laitteiden käyttöön-ottoon sekä varaosatoimituksiin.

Tässä tilanteessa toteamme tyydytyksellä, että olemme kuluvana vuonna onnistuneet solmimaan eräitä merkittäviä hankintasopimuksia ruotsalaisten asiakkaiden kanssa, ja että tämä toiminta ilmeisesti tulee jatkumaan ainakin puolisen vuotta eteenpäin. Ruotsin ydinvoiman rakentamista koskeva kansanäänestys, joka pannaan toimeen aikaisintaan maaliskuussa ja viimeistään toukokuussa ensi vuonna, vaikuttaa tietenkin ratkaisevasti mahdollisuuksiimme jatkaa kaupantekoa Ruotsissa sen jälkeen. Todettakoon kuitenkin, että monet merkit viittaavat tässä vaiheessa siihen, että tämä varsin merkittävä referendum päättyy realistien kannalta katsottuna positiiviseen tulokseen.

Ensi vuosi tulee ilmeisesti olemaan yhtiöllemme monessa mielessä mielenkiintoinen ja tapahtumarikas. Olemme jo jonkin aikaa neuvotelleet Asea-Atomin ja Stal-Lavalin kanssa varsin huomattavasta osallistumisesta Turkin Akkuyun hankkeeseen siltä varalta, että ruotsalaiset tämän tilauksen saavat. Turkin taloudellinen tilanne on tunnetusti edelleen hankala, minkä lisäksi siellä vallitseva sisäpoliittinen tilanne ei ole omiaan helpottamaan nopeiden ratkaisujen syntyä. Päätös suuntaan tai toiseen on kuitenkin odotettavissa vuoden 1980 aikana.

Neuvostoliiton Atomenergoexportin kanssa käymme parastaikaa kaupallisia neuvotteluja, joiden tuloksena osuutemme Libyan

projektista käy selville. Ei liene liian optimistista ennakoida päätöksen tekoa Libyan suhteen ensi vuonna. Libya 2 saattaa olla vuorossa muutaman vuoden vaihesiirrolla. Eräät muut kolmannet maat saattavat myös tulla kysymykseen 440 MW:n yksikköjen ostajina. Laitoskoko on nimittäin ilmeisen sopiva monessa kehitysmaassa, ja Loviisa 1:n hyvät käytettävyyssluvut antavat Atomenergoexportille ja meille varsin vaikuttavan myyntiargumentin.

SEV-maiden huomattavasta ydinvoimaohjelmasta huolimatta Finnatomien myyntimenestys tällä mielenkiintoisella markkina-alueella on toistaiseksi ollut kovin vaatimaton. Eräät merkit viittaavat kuitenkin siihen, että tilanne saattaa lähimmän vuoden, kahden sisällä ratkaisevasti muuttua parempaan. Vientimme Neuvostoliittoon on sen sijaan ilmeisesti vielä kovemman työn takana, vaikkakin eräät yhteiset kehitysprojektit saattavat aikanaan johtaa kaupallisiinkin tuloksiin.

Edellä jo mainittu lämmitysreaktori SECURE on lähestymässä kaupallista vaihettaan. Lämmitysreaktorit yleensä ovat nousevien öljyn hintojen ansiosta jo useammassa maassa vakavien evaluaatioiden kohteena. Harrisburgin tapauksen jälkeen SECURE:n fysiikan lakeihin perustuvaa lähes absoluuttista turvallisuutta takaava suunnittelufilosofia korostuu luonnollisesti yhä selvemmin. Näin ollen uskallamme ennustaa positiivista kehitystä jo muutaman vuoden tähtäyksellä.

Yllä indikoidut mahdollisuudet sekä "normaali" kaupankäynti huomioonottaen lienee perusteltua ennakoida siedettävää kehitystä lähitulevaisuudessa. Tämä ei suinkaan tiedä sitä etteikö Loviisa 3 olisi tarpeen, kun se joskus - toivottavasti parin vuoden kuluttua - alkaa toteutua.

KEMENYN KOMISSION TMI-RAPORTTI JA PRESIDENTTI CARTERIN KANNANOTTO

Presidentti Carterin heti TMI-onnettomuuden jälkeen asettama John Kemenyn johtama tutkimuskomissio luovutti raporttinsa 30. lokakuuta 1979 ja presidentti Carter esitteli sen perusteella tekemänsä päätelmät ja ensi toimenpiteet 7. joulukuuta.

TMI-onnettomuuden teknistä selvittelyä on tehty lähinnä NRC:ssä ja ydinteollisuuden piirissä. Kemenyn ryhmä syventyi pääasiallisesti ihmisten ja organisaatioiden toimintaan, kuten vastuukysymyksiin, valvontajärjestelyihin ja koulutukseen. Ryhmän työn tulokset sisältävä raportti on yllättävän ohut ja epätavallisen selkeä. Sivumäärästä lähes puolet eli parikymmentä sivua on suosituksia, joista julkaistaan ohessa parin sivun tiivistelmä.

Presidentti Carter yhtyi kannanotossaan 7. joulukuuta olennaisesti joka suhteessa komission suosituksiin. Hän tulee mm. ehdottamaan NRC:n uudelleenorganisointia. NRC:lle tulee uusi lisätyillä valtuuksilla toimiva päällikkö nykyisen NRC:n ulkopuolelta. Hätätilanteiden toimintasuunnitelmat tarkastetaan ja organisaatio täsmennetään. Voimayhtiöiden ja valmistavan teollisuuden presidentti edellyttää mm. kehittävän kaikkia turvallisuuteen tähtääviä standardeja, parantavan henkilöstön koulutusta ja valintaa sekä kehittävän valvomoympäristöä.

Carter esitti selvänä kantanaan, että ydinenergian säilyttäminen energiantuotannon yhtenä muotona on USA:llekin tärkeää. Niinpä hän katsoi, että NRC:n ilmoittama uudelleenjärjestelyjen toteuttamisesta väistämättä seuraava keskeytys ydinvoimalaitosten lupakäsittelyssä ei saa venyä liian pitkäksi, ei missään tapauksessa yli puolen vuoden.

Ohessa julkaistaan kopio myös Carterin kannanotosta.

COMMISSION RECOMMENDATIONS FOR NUCLEAR SAFETY

Washington -- There is no way to make nuclear energy power plants 100 percent risk-free but they can be made substantially safer than they are now, according to the recent report by the President's Commission on the accident at Three Mile Island.

Based on the sequence of events during the March 28 accident, and on the Commission's findings about the plant's equipment and subsequent actions, the Presidential Commission made 44 major recommendations in its report released October 30. Following is a brief summary of those recommendations:

Reorganizing the Nuclear Regulatory Commission:

– The five-member Nuclear Regulatory Commission (NRC), which currently has responsibility for ensuring the safety of nuclear reactors, should be replaced by a single administrator;

– An oversight committee of 15 should be appointed to report yearly on NRC's performance and on nuclear safety issues in general;

– The current Scientific Safety Advisory Committee should be strengthened.

Improving regulation:

– The NRC must make the safety of nuclear power generation its first priority;

– The NRC should increase research on reactor safety;

– When safety issues are raised, they should be resolved within a specific period of time.

– The NRC should pay more attention to inspecting plants and enforcing safety regulations, but realize that regulations alone cannot ensure safety;

– The NRC should systematically evaluate the safety of operating plants and regularly assess the need for new safety requirements. Operating plants should be required to meet the new safety requirements resulting from these assessments;

– The experiences, including near-accidents, malfunctions and other safety issues, of all operating reactors should be systematically assessed.

Training:

The NRC should upgrade the training and licensing of plant operators and operator supervisors by establishing training institutions where personnel are first educated on nuclear power in general and then on their specific jobs;

* Lähde: USA:n tiedotustoimiston julkaisu USA Economics, November 8, 1979.

- Operators should be trained, licensed, and retrained periodically;

- Simulators used in training should be improved to duplicate more accurately the control room panels, the conditions an operator might have to deal with, and the actions required by operators in case of emergencies. Operators should be trained on these simulators to react to many different operating conditions, including not only large accidents but also combinations of small malfunctions such as those that led to the trouble at Three Mile Island.

Control rooms:

- The control room panels should be improved so that the most critical elements of the plant's conditions can be easily ascertained at all times and acted upon.

Public utilities and suppliers:

- Public utilities using nuclear power and industries supplying the equipment "must dramatically change (their) attitudes toward safety and regulations;"

- Each nuclear power facility should have its own safety committee that will constantly evaluate procedures, assure quality, develop new safety measures and report directly to the plant's top management;

- Senior officials, operators and operator supervisors should be "highly qualified" and well paid;

- Each facility should have a single organization in charge of emergency functions.

Health and safety:

- Research on health-related radiation effects should be better coordinated and supported financially;

- The Secretary of Health should review all NRC policy statements and regulations related to radiation and health;

- State and local agencies should establish or expand their programs for educating health professionals and emergency teams in the vicinity of nuclear plants;

- The utilities themselves should be prepared to deal with emergencies.

Equipment:

- While the underlying cause of the Three Mile Island accident was "operator error," certain equipment failed and should be reviewed and changed if necessary, including the iodine filters, the hydrogen recombiner, the vent gas system, the containment area, radiation monitoring equipment in the containment building and water and atmospheric sampling equipment;

- Instruments should continuously record and monitor all critical plant conditions;

- In-depth studies should be made of the probabilities and consequences of nuclear power plant accidents, including the consequences of meltdown and a variety of "small-break" loss-of-coolant accidents, multiple failures, large malfunctions and human error.

Other:

– "To the maximum feasible extent new power plants should be sited in locations remote from concentrations of population;"

– The NRC "on a case-by-case basis, before issuing new construction permits or operating licenses should do the following things:

"Assess the need to introduce new safety improvements recommended in this (the presidential) report, and in NRC and industry studies; and review, considering the recommendations set forth in this report, the competency of the prospective operating licensee to manage the plant and the adequacy of its training program for operating personnel; and conditions licensing upon review and approval of the state and local emergency plans;"

– Before any license is issued, the state in which the potential facility would be located should have an emergency response plan approved by a federal emergency agency;

– Journalists should educate themselves about nuclear power and NRC should establish a "systematic public information program . . . so that, in time of radiation-related emergencies, timely and accurate information can be provided to the media and the public in an understandable form."

UNCLASSIFIED

TELEGRAM

Foreign Service of the
United States of America

INCOMING AMEMBASSY HELSINKI

975E5C849

PP RUDKHL
DE RUEHC 46946/01 3430247
ZNR UUUUU ZZH
P 081804Z DEC 79
FM SECSTATE WASHDC
TO ALL DIPLOMATIC POSTS PRIORITY
BT

AMERICAN
HELL
10 DEC 1979

UNCLAS STATE 316945/01

USIAEA; USOECD; USEEG; ACTION

E.O. 12065: N/A
TAGS: TECH

SUBJECT: PRESIDENTIAL STATEMENT ON THE REPORT ON THE THREE MILE ISLAND NUCLEAR ACCIDENT.

1. THE PRESIDENT TODAY ISSUED THE FOLLOWING STATEMENT ON THE REPORT OF THE PRESIDENT'S COMMISSION ON THE ACCIDENT AT THREE MILE ISLAND.

QUOTE: STATEMENT BY THE PRESIDENT

I HAVE REVIEWED THE REPORT OF THE COMMISSION I ESTABLISHED TO INVESTIGATE THE ACCIDENT AT THREE MILE ISLAND NUCLEAR POWER PLANT. THE COMMISSION, CHAIRED BY DR. JOHN KEMENY, FOUND VERY SERIOUS SHORTCOMINGS IN THE WAY THAT BOTH THE GOVERNMENT AND THE UTILITY INDUSTRY REGULATE AND MANAGE NUCLEAR POWER.

THE STEPS I AM TAKING WILL HELP ENSURE THAT NUCLEAR POWER PLANTS ARE OPERATED SAFELY. SAFETY HAS ALWAYS BEEN, AND WILL REMAIN, MY TOP PRIORITY.

AS I HAVE STATED BEFORE, IN THIS COUNTRY, NUCLEAR POWER IS AN ENERGY SOURCE OF LAST RESORT. BY THIS I MEANT THAT AS WE REACH OUR GOALS FOR CONSERVATION, DIRECT USE OF COAL, DEVELOPMENT OF SOLAR POWER AND SYNTHETIC FUELS AND ENHANCED PRODUCTION OF AMERICAN OIL AND NATURAL GAS, WE CAN MINIMIZE OUR RELIANCE ON NUCLEAR POWER.

MANY OF OUR FOREIGN ALLIES MUST PLACE GREATER RELIANCE THAN DO WE ON NUCLEAR POWER, BECAUSE THEY DO NOT HAVE THE VAST NATURAL RESOURCES THAT GIVE US MANY ALTERNATIVES. WE MUST GET ON WITH THE JOB OF DEVELOPING ALTERNATIVE ENERGY SOURCES -- BY PASSING THE LEGISLATION I PROPOSED TO THE CONGRESS, AND BY MAKING AN EFFORT AT EVERY LEVEL OF SOCIETY TO CONSERVE ENERGY.

WE CANNOT SHUT THE DOOR ON NUCLEAR ENERGY.

THE RECENT EVENTS IN IRAN HAVE SHOWN US THE CLEAR, STARK DANGERS THAT EXCESSIVE DEPENDENCE ON IMPORTED OIL HOLDS FOR OUR NATION. WE MUST MAKE EVERY EFFORT TO LEAD THIS COUNTRY TO ENERGY SECURITY.

EVERY DOMESTIC SOURCE, INCLUDING NUCLEAR POWER, IS CRITICAL IF WE ARE TO FREE OUR COUNTRY FROM ITS OVERDEPENDENCE ON UNSTABLE SOURCES OF HIGH-PRICED FOREIGN OIL. WE DO NOT HAVE THE LUXURY OF ABANDONING NUCLEAR POWER OR IMPOSING A LENGTHY MORATORIUM ON ITS FURTHER USE. A NUCLEAR PLANT CAN DISPLACE UP TO 35,000 BARRELS PER DAY.

WE MUST TAKE EVERY POSSIBLE STEP TO INCREASE THE SAFETY OF NUCLEAR POWER PRODUCTION. I AGREE FULLY WITH THE SPIRIT AND INTENT OF THE KEMENY COMMISSION'S RECOMMENDATIONS, SOME OF WHICH ARE WITHIN MY POWER TO IMPLEMENT, OTHERS OF WHICH RELY ON THE NUCLEAR REGULATORY COMMISSION OR THE UTILITY INDUSTRY ITSELF.

TO GET THE GOVERNMENT'S OWN HOUSE IN ORDER I WILL TAKE SEVERAL STEPS. FIRST, I WILL SEND TO CONGRESS A REORGANIZATION PLAN TO STRENGTHEN THE ROLE OF THE CHAIRMAN OF THE NRC AND PROVIDE THIS PERSON WITH THE POWER TO ACT ON A DAILY BASIS AS THE CHIEF EXECUTIVE OFFICER, WITH AUTHORITY TO PUT NEEDED SAFETY REQUIREMENTS AND PROCEDURES IN PLACE. THE CHAIRMAN MUST BE ABLE TO SELECT KEY PERSONNEL, AND ACT ON BEHALF OF THE COMMISSION DURING AN EMERGENCY.

SECOND, I WILL APPOINT A NEW CHAIRMAN OF THE NRC -- SOMEONE FROM OUTSIDE THAT AGENCY, IN THE SPIRIT OF THE KEMENY COMMISSION'S RECOMMENDATION. IN THE MEANTIME I HAVE ASKED COMMISSIONER AHEARNE, NOW ON THE NRC, TO SERVE AS CHAIRMAN. DR. AHEARNE WILL STRESS SAFETY AND THE PROMPT IMPLEMENTATION OF THE NEEDED REFORMS. IN ADDITION, I WILL ESTABLISH AN INDEPENDENT ADVISORY COMMITTEE TO HELP KEEP ME INFORMED OF THE PROGRESS THE NRC AND THE INDUSTRY ARE ACHIEVING IN MAKING NUCLEAR ENERGY SAFER.

THIRD, I AM DIRECTING THE FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY TO HEAD UP ALL OFF-SITE EMERGENCY ACTIVITIES, AND COMPLETE A THOROUGH REVIEW OF EMERGENCY PLANS IN ALL STATES WITH OPERATING REACTORS BY JUNE.

FOURTH, I HAVE DIRECTED NRC AND OTHER AGENCIES TO ACCELERATE OUR PROGRAM TO PLACE A RESIDENT FEDERAL INSPECTOR AT EVERY REACTOR SITE.

FIFTH, I AM ASKING ALL RELEVANT GOVERNMENT AGENCIES TO IMPLEMENT VIRTUALLY ALL OF THE OTHER RECOMMENDATIONS OF THE KEMENY COMMISSION.

A DETAILED FACT SHEET IS BEING ISSUED TO THE PUBLIC, AND A MORE EXTENDED BRIEFING WILL BE GIVEN TO THE PRESS. WITH CLEAR LEADERSHIP AND IMPROVED ORGANIZATION, THE EXECUTIVE BRANCH AND THE NRC WILL BE BETTER ABLE TO ACT QUICKLY ON THE CRITICAL ISSUES OF IMPROVED TRAINING AND STANDARDS, SAFETY PROCEDURES, AND THE OTHER KEMENY COMMISSION RECOMMENDATIONS. BUT RESPONSIBILITY TO MAKE NUCLEAR POWER SAFER DOES NOT STOP WITH THE FEDERAL GOVERNMENT. IN FACT, THE PRIMARY DAY-TO-DAY RESPONSIBILITY FOR SAFETY RESTS WITH UTILITY COMPANY MANAGEMENT AND SUPPLIERS OF NUCLEAR EQUIPMENT. THERE IS NO SUBSTITUTE FOR TECHNICALLY QUALIFIED AND COMMITTED PEOPLE WORKING ON THE CONSTRUCTION, OPERATION AND INSPECTION OF NUCLEAR POWER PLANTS. PERSONAL RESPONSIBILITY MUST BE STRESSED. SOME ONE PERSON MUST ALWAYS BE DESIGNATED AS IN CHARGE BOTH AT THE CORPORATE LEVEL AND AT THE PLANT SITE. THE INDUSTRY OWES IT TO THE AMERICAN PEOPLE TO STRENGTHEN ITS COMMITMENT TO SAFETY.

I CALL ON THE UTILITIES TO IMPLEMENT THE FOLLOWING CHANGES:

FIRST, BUILDING ON THE STEPS ALREADY TAKEN, THE INDUSTRY MUST ORGANIZE ITSELF TO DEVELOP ENHANCED STANDARDS FOR SAFE DESIGN, OPERATION, AND CONSTRUCTION OF PLANTS.

SECOND, THE NUCLEAR INDUSTRY MUST WORK TOGETHER TO DEVELOP AND TO MAINTAIN IN OPERATION A COMPREHENSIVE TRAINING, EXAMINATION AND EVALUATION PROGRAM FOR OPERATORS AND SUPERVISORS. THIS TRAINING PROGRAM MUST PASS MUSTER WITH THE NRC THROUGH ACCREDITATION OF TRAINING PROGRAMS.

THIRD, CONTROL ROOMS MUST BE MODERNIZED, STANDARDIZED AND SIMPLIFIED AS MUCH AS POSSIBLE TO PERMIT BETTER INFORMED DECISION-MAKING DURING AN EMERGENCY. I CHALLENGE OUR UTILITY COMPANIES TO BEND EVERY EFFORT TO IMPROVE THE SAFETY OF NUCLEAR POWER.

FINALLY, I WOULD LIKE TO DISCUSS HOW WE MANAGE THE TRANSITION PERIOD DURING WHICH THE KEMENY RECOMMENDATIONS ARE BEING IMPLEMENTED. THERE ARE A NUMBER OF NEW NUCLEAR PLANTS NOW AWAITING OPERATING LICENSES OR CONSTRUCTION PERMITS.

LICENSING DECISIONS REST WITH THE NRC AND, AS THE KEMENY COMMISSION NOTED, IT HAS THE AUTHORITY TO PROCEED WITH LICENSING THESE PLANTS ON A CASE-BY-CASE BASIS, WHICH MAY BE USED AS CIRCUMSTANCES SURROUNDING A PLANT DICTATE. THE NRC HAS INDICATED, HOWEVER, THAT IT WILL PAUSE IN ISSUING NEW LICENSES AND CONSTRUCTION PERMITS IN ORDER TO DEVOTE ITS FULL ATTENTION TO PUTTING ITS HOUSE IN ORDER. I ENDORSE THE APPROACH THE NRC HAS ADOPTED, BUT I URGE THE NRC TO COMPLETE ITS WORK AS QUICKLY AS POSSIBLE, AND IN ANY EVENT NO LATER THAN SIX MONTHS FROM TODAY.

ONCE WE HAVE INSTITUTED THE NECESSARY REFORMS TO ASSURE SAFETY, WE MUST RESUME THE LICENSING PROCESS PROMPTLY SO THAT THE NEW PLANTS WHICH WE NEED TO REDUCE OUR DEPENDENCE ON FOREIGN OIL CAN BE BUILT AND OPERATED.

THE STEPS I AM ANNOUNCING TODAY WILL HELP ASSURE OUR COUNTRY OF THE SAFETY OF NUCLEAR PLANTS. NUCLEAR POWER HAS A FUTURE IN THE UNITED STATES -- IT IS AN OPTION THAT WE MUST KEEP OPEN. I CALL ON THE UTILITIES AND THEIR SUPPLIERS, THE NRC, THE EXECUTIVE DEPARTMENTS AND AGENCIES, AND THE STATE AND LOCAL GOVERNMENTS TO ASSURE THAT THE FUTURE IS A SAFE ONE. UNQUOTE.

Jorma K. Miettinen

PUGWASHIN ASENNE YDINENERGIAAN

Pugwash-konferenssit tieteen ja maailman asioista kuten Pugwash-liikkeen virallinen nimi kuuluu saivat alkunsa v. 1955 esitetystä Lordi Russellin ja Albert Einsteinin manifestista idän ja lännen tiedemiesten yhteiseksi neuvottelufoorumiksi erityisesti turvallisuus- ja aseidenriisuntakysymyksissä. Ensimmäinen Pugwash-konferenssi pidettiin v. 1957 Kanadassa Pugwashin kalastajakylässä, josta liike sai nimensä, ja sen jälkeen niitä on pidetty aluksi puolivuositain, sittemmin kerran vuodessa, siten että 29:s pidettiin viime kesänä Mexico Cityssä. Seuraava on ensi elokuussa Hollannissa. Suomi liittyy kansainväliseen Pugwash-liikkeeseen Suomalaisen Tiedeakatemian ja Suomen Tiedeseuran yhteisesti asettaman Suomen Pugwash-toimikunnan kautta.

Aluksi oli Pugwash-liikkeen päätavoitteena heti toteutettava ydinasekielto ja sen jälkeen vähitellen tapahtuva ydinaseiden hävittäminen, mutta v. 1958 otettiin ohjelmaan myös Euroopan turvallisuuskysymykset ja 1960-luvulla ympäristö-, kehitys- ja väestöongelmat. Energiakysymykset otettiin ensi kertaa ohjelmaan Pugwashin 23:nnessä vuosikonferenssissa Aulangolla 1973 ja sen jälkeen ne ovat siinä melko tiiviisti pysyneetkin.

Pugwashin vuosikonferensseihin osallistuu tavallisesti n. 100 vanhempaa tiedemiestä, n. puolet heistä luonnontieteilijöitä. Joka viides vuosi on isompi, n. 300 osanottajan vuosikokous. Konferenssi kestää n. 5 päivää, pidetään yleensä jossain syrjäisessä kurssikeskuksessa tms. jossa osanottajat asuvat ja syövät koko ajan samassa paikassa. Kontakti säilyy siten tiiviinä. Kokous jakaantuu tavallisesti n. 5:een työryhmään, joista yksi on yleensä omistettu ympäristö- ja/tai energiakysymyksille, muut turvallisuus- ja kehitysongelmille. Noin puolet konferenssin ajasta käytetään työryhmässä tapahtuvaan ko. ongelman tarkasteluun työpapereiden ja taustapapereiden pohjalta. Sen jälkeen työryhmä laatii n. 5-10 sivuisen raportin tai pikemminkin lausuman

ko. ongelman nykytilasta ja ehdottaa ratkaisumalleja. Nämä työryhmälausumat muodostavat "Pugwashin kannan" ko. ongelmasta.

Joku hyvä alan asiantuntija valitaan yleensä raportin luonnostelijaksi, joten hänen vaikutuksensa sen muotoiluun on suuri vaikka tuote onkin hyväksyttävä konsensuksella, joten se on koko työryhmän mielipide. Silti voi "Pugwashin kanta" peräkkäisinä vuosina jonkin verran vaihdella, koska vuosikokousten osanottajista vuosittain n. puolet vaihtuu. Hämmästyttävän yhtäpitävänä se on sentään pysynyt kuluneet 6 vuotta ydinenergian suhteen, vaikka vaikuttajina on ollut sellaisia äärimielipiteiden edustajia kuin ruotsalainen Hannes Alfvén - elektronifyysikko joka vastustaa intohimoisesti ydinvoimaa - ja tanskalainen prof. P.L. Ølgaard, tunnettu ydinvoiman puoltaja. Paikalla on aina ollut myös "keskilinjan miehiä" jotka ovat silottaneet julkilausumasta terävimmät piikit pois.

Aulangon kokouksen aiheeksi v. 1973 oli nimetty ydinenergian ympäristövaikutukset, mutta työryhmä piti sitä liian suppeana ja laajensi keskustelun käsittämään lähes koko energiaongelman. Suomesta osallistuivat tähän työryhmään mm. professorit Pekka Jauho ja Antti Vuorinen, ulkolaisista lienevät olleet parhaita professorit J. P. Holdren Berkeleystä, Alfvénin oman äärikantansa edustajana, sekä venäläinen akateemikko P. L. Kapitza (viime mainitut kaksi Nobelin palkinnon saaneita fyysikkoja); muita nimekkäitä osanottajia olivat professorit Bernard Feldt MIT:stä, L. Scheinman Cornellista, E. Broda Wienistä ja Francis Perrin, entinen Ranskan Atomienenergiakomission johtaja.

Työryhmä totesi, että maapallon energiatuotanto tulee pakostakin kasvamaan kun kehitysmaat tulevat mukaan kulutukseen kehittyneitä maita vastaavalla tavalla ja ajan pitkään tätä kasvua ei voida tyydyttää fossiilienergialla. Paljon muita vaihtoehtoja kuin ydinenergia ei silloin ole, mutta ydinenergiaan liittyy valitettavasti radioaktiivisten jätteiden pitkäaikainen ja hankala säilytys ja teknologian levitessä myös ydinaseiden leviämisen riski.

V. een 1973 oli kokonaisenergian kulutus kasvanut vuosittain n. 5%, sähköenergian

n. 7-10% mikä ekstrapoloituna olisi merkinnyt v. 2000 kokonaisenergian kulutuksen nelin-, sähköenergian 8-16-kertaistumista. Mutta työryhmä oli, viisaasti kyllä, varovainen, sanoen että luotettava kasvun ennustaminen ei ollut mahdollista. Ensimmäinen öljykriisi puhkesikin jo 2 kk myöhemmin, lokakuussa 1973.

Työryhmä kenties ensimmäisenä varoitti hyötöreaktoriohjelman kiirehtimisestä, koska se toisi liikaa plutoniumia kauppaan mikä lisäisi ydinaseiden leviämiskä. Uraanin katsottiin riittävän ilman hyötämistäkin ainakin 50 vuodeksi. Kuten tunnettua, presidentti Carter on sittemmin omaksunut tällaisen politiikan.

Fissioenergian mahdollisiin vaihtoehtoihin - fuusioon, auringon- ja geotermiseen energiaan sekä fossiilipolttoaineiden (erityisesti kivihiilen) entistä siistimpään käyttöön, työryhmä suhtautui varauksin: ehkä ne ovat pitkällä tähtäimellä, 20-50 vuoden kuluessa, mahdollisia - mutta suositti kyllä näiden kysymysten tutkimisen tehostamista.

Radioaktiivisuuden rutiinipäästöjen suhteen kokous esitti noudatettavaksi "1%:n sääntöä": Koko ydinvoimateollisuus ei saa tuottaa normaalipäästöinä kuin korkeintaan 1%:n lisän luonnolliseen taustasäteilyyn, polttoainesyklin alusta loppuun arvioituna.

Jätteiden käsittelystä kokous totesi ykskantaan ettei sitä ole tyydyttävästi ratkaistu ja on mahdotonta hyväksyä itsetyytyväisenä (to be complacent) ydinvoiman käytön jatkuva laajentuminen ilman että asia todella ratkaistaan.

Suuronnettomuuksien todennäköisyydestä esiintyi paljon toisistaan eroavia arvioita: 10^{-4} - 10^{-12} kpl reaktoria kohti vuodessa (Rasmussenin raportin mukaan 10^{-6}). Jos todennäköisyys 10^{-4} on mahdollinen, ei ole vähääkään syytä levollisuuteen, koska v. 1990 voi olla jo 1000 ja v. 2000 3000 voimareaktoria käytössä, kokous arveli. Nämä ennusteethan ovat jo reilasti laskeneet kuluneiden 6 vuoden kuluessa.

Jälleenkäsittelylaitokset ovat vielä hankalampia, mutta onnettomuudet niissä todennäköisesti pienempipäästöisiä, kokous totesi.

Sabotaashi reaktori- t. jälleenkäsittelylaitoksia ja kuljetuksia vastaan on mahdollinen ja vaatii morenlaisia ehkäisytoimia, mutta sen todennäköisyyttä on mahdoton ennustaa. Se riippuu poliittisista tekijöistä. Monia sabotaasihyriytyksiä ja -tekojahan on sittemmin tapahtunutkin keski- ja etelä-Euroopassa ja jotkut niistä ovat tuottaneet suuriakin taloudellisia tappioita, mutta yhtään henkilövahinkoja ne eivät tietääkseni onneksi vielä ole aiheuttaneet mielenosoittajien ja mellakapoliisien kuhmuja lukuunottamatta.

Laajin ja mutkikkain oli keskustelu fissiokelpoisen materiaalin pimityksen estämismahdollisuuksista. - Kokous suositti kansainvälisen energia-instituutin perustamista, ydinsulkusopimuksen vahvistamista, IAEA:n safeguards-toiminnan tehostamista sekä teknisiä keinoja polttoaineen pommikäytön ehkäisemiseksi (esim. modifioitu polttoainesykli). Jotakinhan tästä on jo toteutettukin tai ainakin toteutumassa.

Vuotta myöhemmin, 1974, pidettiin vuosikongressi Badenissa Wienin lähellä ja siellä oli energiaongelma näkyvästi esillä. Olihan juuri saatu maistaa ensimmäisen öljykriisin vaikutuksia. Näkökulma oli entistä laajempi. Pohdittiin, onko todella oltava yhteys energiankulutuksen ja hyvinvoinnin välillä? Eikö kehitysmaissa voida nostaa väestön hyvinvointia muillakin keinoin kuin tähän asti on tapahtunut - siis muilla kuin sellaisilla jotka nostavat energiakulutuksen 100-kertaiseksi? Keskustelu oli varsin monipuolista ja syvällistäkin todeten miten kirjava tämä ongelma on, miten eri energiateknologiat sopeutuvat eri olosuhteisiin eikä liikaa voida yleistää. En ryhdy sitä tässä sen enempää kuvailemaan, mainitsen vain johtopäätöksinä todetun mm. että:

- globaalista energiakulutuksen kasvua on pakko hidastaa ja sen on tapahduttava erityisesti suurkulutusmaissa,
- ympäristö- ja muu haitta tuotettua energiayksikköä kohti on minimoitava (mikä edellyttää runsaasti tutkimus- ja kehitystyötä ja suosii suuria tuotantoyksiköitä),
- kehitysmaihin on siirrettävä pääomaa ja teknologiaa kehityksen erojen tasaamiseksi ja

- väestönkasvun väheneminen kehittyneissä maissa 0:aan ja kehitysmaissa ainakin n. 1%:iin v:een 2000 mennessä ovat perusedellytyksiä pitkän tähtäimen energiakriisistä selviämislle.

Samalla kokous oli hyvin tietoinen niistä vaikeuksista mitä em. ohjelman toteuttamisen edessä olisi.

V:n 1975 ja -76 konferenssit (Madrasissa, Intiassa ja Mühlhousenissa, DDR:ssä, vastaavasti) olivat pääosin omistettut turvallisuuskysymyksille, mutta Mühlhousenissa oli hyvä paneelikeskustelu INFCE:stä. INFCE on Pugwashin lapsi, ideaa selviteltiin alunperin Racine:ssa Wisconsinissa 1976 pidetyssä polttoainesyklisymposiumissa.

Vuosikonferenssiensa lisäksi Pugwash järjestää suppeampia, yhteen teemaan keskittyviä 2-5-päiväisiä symposiumeja, joihin kutsutaan n. 30-50 valittua asiantuntijaa. Niitä on pidetty n. 40, kaksi niistä Suomessa (1972 taktisia ydinaseita ja 1979 kansainvälispoliittisen kehityksen vaikutusta Euroopan turvallisuuteen koskeva). V. 1977 Münchenissä pidetyssä suuressa 5-vuotiskonferenssissa oli kaksi työryhmää omistettu energiaongelmalle. Toisen aiheena oli "Energia - maailman raaka-ainevarat ja väestönkasvuennusteet", toisen: "Maailmanlaajuinen ympäristön saastuminen", mikä on pääasiassa energian käytöstä johtuvaa, joskin muukin teollisuus (metalli-, orgaanis-kemiallinen jne.) tuo siihen lisänsä.

Seikkaperäisessä 10-sivuisessa lausumassaan energiatyöryhmä toisti varhempien konferenssien suositukset korostaen, että kulutusta kehittyneissä maissa on pakko supistaa jotta kehitysmaat voivat nostaa elintasoansa. Fissioenergia on väliaikaisesti välttämätöntä, mutta sen kasvua on hillittävä ja pyrittävä kehittämään uusiutuvien energiamuotojen, ennenkaikkea auringon energian, tehokkaampaa hyväksikäyttöä missä se on mielekäästä. Tähtäin on kuitenkin pitkä, kymmeniä vuosia.

Jos maapallon väkiluvun kasvu v:een 2020 voitaisiin hidastaa siten että maapallolla olisi silloin 6.7 miljardia ihmistä ja he käyttäisivät silloin saman kuin nyt keskimäärin teollisuusmaissa, 5 lämpökilowattia henkeä kohti (USA:ssa se on 11, maailmassa keskimäärin 2, Intiassa 0.2), maailma selviäisi

4 kertaa tämänhetkisellä kulutuksella 10-kertaisen sijasta mihin nykyinen kulutuksen kasvu viittaa. Tämä laskelma lienee varsin optimistinen. Joka tapauksessa maailman energiantarve tulee kasvamaan lähivuosisikymmeninä.

Kysymyksiä, joita tulisi selvittää, ovat tehokkaampi energian hyväksikäyttö, (s.o. parempi hyötysuhde) hyvinvoinnin (erityisesti kehitysmaissa) edistäminen lisäämättä energiankulutusta (esim. välttämällä yksityisauton yleistymistä) ja energiansäästön yhteiskunnallisten, taloudellisten ja instituutio-naalisten esteiden selvittäminen ja poistaminen.

Pitkän tähtäimen perspektiivistä ei päästy yksimielisyyteen vaan muodostui kaksi mielipideryhmää:

Eräiden mielestä etäämmän tulevaisuuden energiateknologioiden on perustuttava ehtymättömiin energialähteisiin ja niiden yhteiskunnallisten ja ympäristövaikutusten täytyy olla hyvin alhaiset tuotettua energiayksikköä kohti. Aurinkoenergian eri muodot (biomassa, tuuli, suora muunto sähköenergiaksi) fuusio ja geoterminen energia (paikallisesti) tulevat tällöin kysymykseen. Näitä tulisi siis jo kehittää.

Toisten mielestä aurinkoenergia ansaitsee kyllä tukea, mutta sen osuus voi tulevaisuudessakin olla vain vaatimaton. Prioriteetti on siksi asetettava teknologioille, jotka tiedetään teknisesti ja taloudellisesti mahdollisiksi. Ainoa varma lähitulevaisuuden teknologia on tällä hetkellä hyötöreaktori. Se on karkeasti noin puolta halvempi kuin muut ratkaisut. Sen kehittämistä olisi tuettava, muuten olemme pulassa vuoden 2000 jälkeen.

Pugwashissa on tapana, että kun jossakin asiassa ei päästä ratkaisuun, molemmat vaihtoehdot mainitaan raportissa, kuten tässäkin.

Kehittyviä teknologisia mahdollisuuksia luettiin joukko, mm. seuraavat:

1. Auringon lämmön keräys alhaislämpötilaisiin ($\ll 100^{\circ}\text{C}$) tarkoituksiin kuten huoneen lämmitys ja talousveden kuumentaminen. Monin paikoin tämä voi jo kilpailla taloudellisesti sähkön käytön (tai useinkin sen väärinkäytön) kanssa (varsinkin jos yhteiskunta aurinkolämmön käyttöä hieman subventoi, kuten USA:ssa; Väärinkäytöksi voidaan katsoa ainakin fossiilienergialla tuotetun sähkön käyttö lämmitykseen sen epäefekttiivisyyden vuoksi).

2. Auringonenergian keräys ja konsentrointi korkeampaa lämpötilaa vaativiin sovellutuksiin (jäähdytys,ilmastointi, monet teollisuusprosessit) ei ole vielä kaupallisesti tyydyttävästi ratkaistu. Tällaisia ratkaisuja voi kuitenkin tulla käyttöön jo n. 10 vuodessa.
3. Aurinkoenergiaa biomassana (puu, olki, maatalouden jätteet) käytetään jo runsaasti varsinkin kehitysmaissa, mutta alhaistehoisesti. Ehkä n. 1/9 maapallon energian käytöstä tulee nykyään biomassasta. Sen käytön huomattava tehostaminen varsinkin kehitysmaissa on mahdollista.
4. Vetyteknologia (veden elektrolyysi esim. auringonenergialla, vedyn talletus ja käyttö) on mahdollista; vetyä on kätevä säilyttää ja kuljettaa ja se on saasteetonta polttoaineena.
5. Modernit tuuliturbiinit ovat mahdollisia tuulisilla seuduilla ja lähes kilpailevat taloudellisuudessa ydinvoiman kanssa joillakin seuduin.
6. Fotovoltaiset paristot ovat yhä n. 10 kertaa kalliimpia kuin ydinvoimalat energiayksikköä kohti. Tutkimuksen avulla niiden hinta alenee kuitenkin hitaasti. Käyttö pienkulutukseen jo mahdollinen.
7. Fuusioenergia voi ratketa lähivuosina ja prototyyppi voi olla valmis jo v. 2000.

Näiden lisäksi kokous luetteli suuren joukon koulutus- ja informaatio-tarpeita. Münchenin kokouksen suositus kokonaisuudessaan on varsin monipuolinen mutta myös tiukan realistinen, globaalinen energiaohjelma, jossa kehitysmaiden energiatulevaisuuden suuntaamisen tärkeys tulee selvästi esille.

V. 1978 pidettiin vuosikonferenssi Varnassa, mutta siellä ei energia näytellyt tärkeätä roolia. Esitettiin kuitenkin suositus YK:n alaisen Maailman energiajärjestön perustamiseksi (joka vastaisi esim FAO:ta ja WHO:ta). IAEA on vain ydinenergiajärjestö ja se on tehnyt liiankin yksipuolisia ydinenergian kasvunennusteita johtaen mm. kehitysmaita harhaan. Monille kehitysmailla - erityisesti sellaisille, joissa ei ole kunnon sähkönjakelujärjestelmiä - ydinvoimala on sopimattomin ajateltavissa oleva energianlähde, koska se sitoo liikaa

pääomaa tukahduttaen elinkeinoelämää 10-vuotisen rakennusvaiheensa aikana ja saattaa jopa johtaa eräänlaiseen uskolonialismiin kun kehitysmaa ei itse hallitse ydinteknologiaa. Silti kehitysmaat ovat IAEA:n ja varsinkin voitonhaluisten reaktorimyyjien kannustamana tilanneet ydinvoimaloita lähinnä prestiisi-syistä.

Tämän vuoden konferenssissa luotiin yleiskatsaus eri energialähteiden käyt-
tökelpoisuuteen teollisuus- ja kehitysmaissa, nyt ja 10-15 vuoden kuluttua (Taulukko 1) ja keskusteltiin kehitysmailla sopivasta energiapolitiikasta.

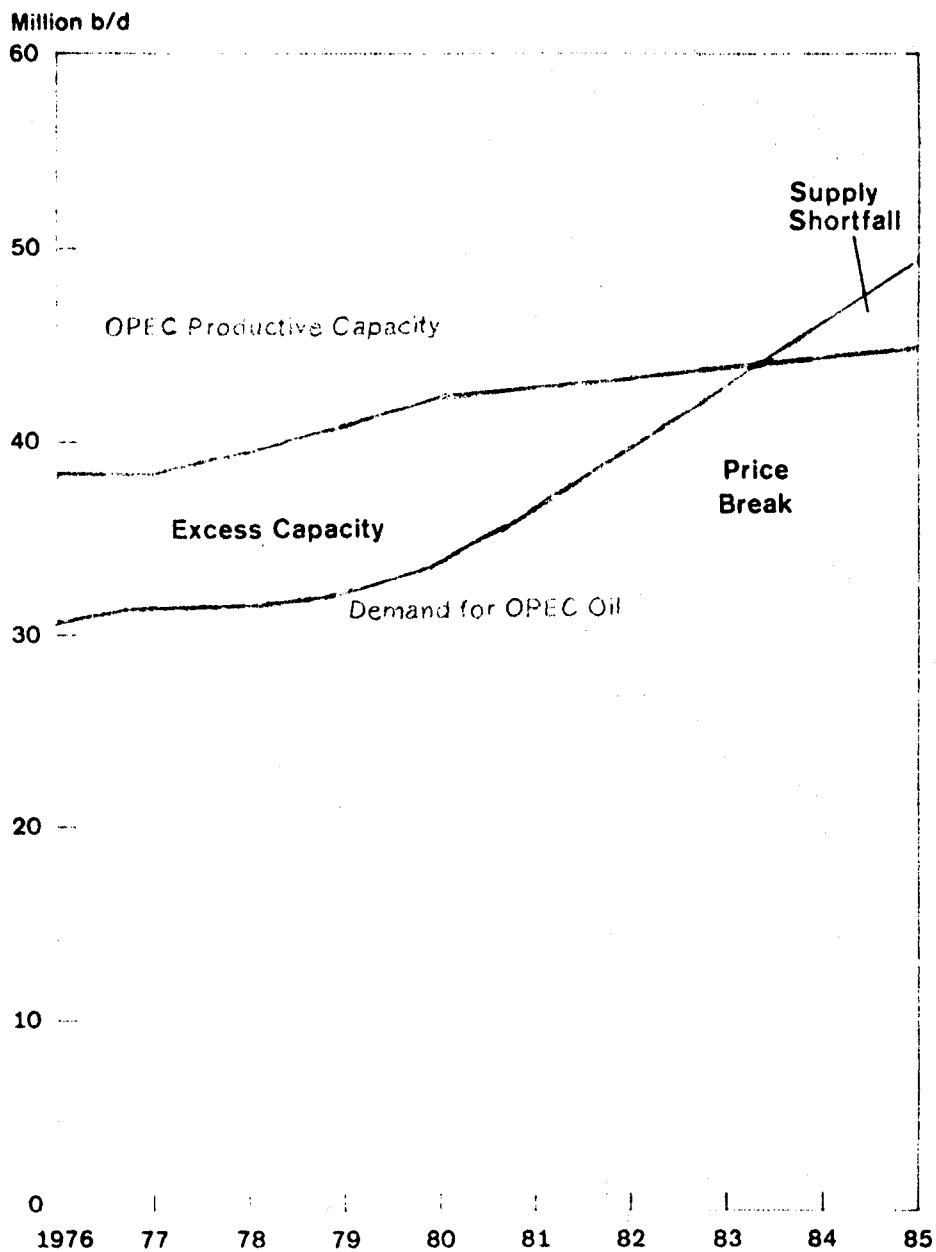
Yhteenvedona toteaisin, että erityisesti v. 1977 Münchenissä laadittu maailman energiapoliittinen ohjelma on hyödyllinen ja hyvin tasapainoinen dokumentti. Pugwashin keskustelut ovat varmaan hyödyttäneet monia energiakysymyksistä kirjoitelleita tiedemiehiä. Ainakin minua ne ovat hyödyttäneet, omat käsitykseni, joita olen esitellyt kirjoituksin ja radioesitelmin, ovat paljolti Pugwash-kokouksista peräisin.

Tällä hetkellä maailma on mielestäni vaarallisessa tilanteessa. CIA:n ennus-
teen (Kuva 1) mukaan OPEC-öljyn tarve ylittää tuoton v. 1983. Supervallat varautuvat siitä syystä sotaan Persianlahdella, jopa maailmansotaan toisiaan vastaan. Silti uusien ydinvoimaloiden tilaukset vanhenevat monissa maissa sisäisen poliittisen vastustuksen takia. Julkista mielipidettä on johdettu harhaan liioittelemalla ydinvoimaloiden ja ydinjätteen säilytyksen riskejä ja esittäen utopistisia näkymiä aurinkoenergian mahdollisuuksista korvata ydin-
energiaa lyhyellä tähtäimellä. Hallitusten energiaohjelmat ovat halvaantuneet lainsäädännölliseksi mankeloinniksi.

Nämä utopistit ottavat raskaan vastuun ajaessaan maailman syvään energiakriisiin ja jopa kenties ydinsotaan epärealistisilla väitteillään ja vaatimuksillaan. Vaikka fissioreaktorien aika rajoittuisikin muutamaan vuosikymmeneen ja polttoaineen kertakäyttöön jälleenkäsittelyn sijasta on tämäkin välikausi ennen vaihtoehtoisin energialähteisiin siirtymistä sentään eletävä ja energiaakin silloin tuotettava. Öljyn alkaessa ehtyä ei teollisuusmailla ole muita käytännön vaihtoehtoja kuin joko ydinenergia tai kivihili. Ja tämä jälkimmäinen on mielestäni näistä kahdesta vaihtoehdosta monissa tapauksissa se huonompi.

Taulukko 1. Energiatekniologioiden käyttökelpoisuus ja soveltuvuus teollisuus- ja kehitysmaiden käyttöön (Pugwash Newsletter 17, Nos 1&2, 1979).

	Käyttökelpoinen etu- päässä teollisuusmaissa	Käyttökelpoinen pääasiassa ei- teollisuusmaissa	Käyttökelpoinen molemmissa
Nykyään tuottavat	hiili uraanin fissio	eläinvoima lanta polttopuut tuulienergia veden pumppaa- miseen vesivoima mekaaniseen työhön	öljy ja kaasu vesivoima sähkön tuottoon biomassajätteen poltto suora auringonvalon käyttö lämmittämiseen ja kuivatukseen geoterminen, kuiva höyry geoterminen, kuuma suolaliuos polttoainemetsät
Luultavasti tuottavat 10 vuoden kuluessa	synteettiset polttoaineet hiilestä	aurinkopumput	fotosellit hajautet- tuun käyttöön auringonvalo jäähdy- tykseen auringonvalo lämmi- tykseen tuuliturbiinit biomassa lannasta ja viljajätteistä vuorovesivoimala
Mahdollisesti tuottavat 15 vuoden kuluessa tai myöhemmin	torim-polttoainesyklit plutonium-polttoaine- syklit geoterminen lämpö kuu- masta kalliosta geoterminen lämpö sulasta magmasta valtameren lämmön muunto fuusio		fotokemiallinen ei- biologinen vedyn tuotto auringonvalolla tapahtuva vedyntuotto auringon energian muunto sähköksi voimalamittakaavassa



Kuva 1. CIA:n ennuste huhtikuulta 1977 OPEC-öljyn saatavuudesta ja tarpeesta. Hintaräjähdyks tapahtuu v. 1983.

LOVIISAN KOULUTUSSIMULAATTORI

1

Johdanto

Tarkoitukseni on seuraavassa esityksessä kuvailla Loviisan koulutussimulaattorin (LOKS) laitteistoa ja ohjelmistoa.

- Laitteiston osalta tarkoituksena on tuoda esille tärkeimpiä suunnittelukriteereitä sekä niitä ratkaisuja, joihin LOKS-projektissa on päädytty.

Tässä yhteydessä tulen esittelemään myös opettajan käytettävissä olevia toimintoja, jotka ovat olennaisen tärkeitä koulutuksen tehokkuuden kannalta.

- Ohjelmiston osalta pyrin tässä esityksessä kiinnittämään päähuomion malliohjelmistoon.

2

Simulaattorin laitteisto

Kuvassa 1 on esitetty koulutussimulaattorin pääosat, jotka ovat:

- 1 Valvomo
- 2 Opettajan ohjauspulpetti
- 3 Tietokonelaitteisto
- 4 Liitäntä

Seuraavassa kuvataan lyhyesti näiden osien olennaisimpia piirteitä.

2.1

Valvomo

Kuva 2 esittää Loviisan voimalaitoksen valvomoa.

Kuten tunnettua, tietokonejärjestelmällä ja kuvaputki-informaatiolla on Loviisan laitoksen valvonnassa ja ohjauksessa merkittävä rooli. Tästä syystä valvomo-pöydässä keskeisellä paikalla on 5 graafista kuvaputkea, funktiopainikkeet ja α -numeerinen näppäimistö kommunikointia varten.

Tietokonejärjestelmä käsittelee noin 3000 mahdollista hälytystä ja esittää n. 2000 analogista mittaustulosta eri kuvaputkiformaateille, joista n. 50 on mimiikkaformaatteja.

Tämän lisäksi valvomossa on runsaasti konventionaalista instrumentointia. Valvomopöytään on sijoitettu kaikki toiminnot, jotka liittyvät suoraan energian tuotantoon tai turvallisuuteen. Apuprosessien ohjaus taas tapahtuu seinäpaneelilta.

Tärkeimmille mittauksille on konventionaaliset näytöt operaattorin pöydässä ja seinäpaneelilla sekä hälytyskeskus n. 500 hälytykselle.

Kuva 3 esittää simulaattorin valvomoa Nokia Elektro- niikan tiloissa rakennusvaiheen aikana.

Suunnittelukriteerinä on ollut se, että kokenut operaattori ei havaitse eroa simuloitun valvomon ja laitosvalvomon ulkonäön tai niiden toimintojen välillä.

Tämän saavuttamiseksi simuloitun valvomon tulisi olla 100 % kopio laitosvalvomosta. Myöskin valo- ja ääniefektien tulisi olla mukana. Loviisan simulaattorin tapauksessa valo- tai ääniefektejä ei ole simuloitu. Myös valvomon täsmällisestä kopiointista on tingitty jossakin määrin pyrkien siten vähentämään kustannuksia haittaamatta kuitenkin olennaisesti koulutuksellisiin tavoitteisiin pääsemistä.

Simulaattorin valvomoon kuuluvat operaattorin ohjauspöytä sekä valvomon etu- ja sivupaneelit saman kokoisina ja samoin sijoitettuna kuin itse laitoksella. Operaattorin pöydän instrumentit ja laitteet ovat lähes kokonaisuudessaan duplikoitu. Paneeleilla instrumenttien simulointiaste vaihtelee huomattavasti. Periaatteena on ollut jättää simuloimatta sellaiset laitteet, joiden koulutuksellinen arvo on vähäinen. Esimerkiksi valvomon takapaneeli on jätetty pois simulaattorista.

Simuloimatta jätetyt paneeli-instrumentit korvataan vastaavien moduleiden alkuperäisen näköisillä kuvilla, kun taas simuloitavien instrumenttien osalta käytetään saman valmistajan identtisiä moduleita lukuunottamatta joitakin erikoisinstrumentteja, joiden osalta on jouduttu käyttämään erilaisia laiteratkaisuja.

2.2

Opettajan ohjauspulpetti

Opettajan ohjauspulpetti rakennetaan valvomosta erotettuun tilaan, josta opettajalla kuitenkin on hyvä, näköyhteys valvomon puolelle. Ohjauspöydän välityksellä opettajalla on mahdollisuus ohjata simuloinnin ja koko oppitunnin etenemistä haluamallaan tavalla.

Seuraavassa on lueteltu joukko tärkeimpiä opettajan käytössä olevista funktioista, jotka juuri antavat simulaattoriharjoittelulle sen tehokkuuden:

- 1 Simuloinnin aloitusmahdollisuus eri alkutiloista (varauduttu n. 20 eri alkutilaan).
- 2 Häiriötilanteiden aktivointi ja poisto. Häiriötilanteita on n. 110 vakavuusasteen vaihdellessa yksinkertaisesta instrumentti-
viasta jäähdytteenmenetysonnettomuuteen.
Lisäpiirteinä ovat:
 - viiveparametri
 - vaikeusasteparametri
 - osoitusmahdollisuus (max 16 paikkaan)
 - samanaikaisuus (max 40 häiriötilannetta)
- 3 Simuloinnin pysädyttäminen ja jatkaminen tästä tilasta eri tavoilla. Simuloinnin ollessa pysäytettynä opettajalla on mahdollisuus keskustella oppilaan kanssa, antaa ohjeita, jne.
- 4 Tallennuksen ottaminen simulaattorin tilasta mielivaltaisella hetkellä. Simulaattori voidaan myöhemmin palauttaa tallennusta vastaavaan tilanteeseen.
- 5 Takaisinpaluu mihin tahansa aikaisempaan tilanteeseen viimeisen 75 minuutin aikana 5 minuutin resoluutiolla. Esim. oppilaan epäonnistuessa vaikeassa ohjaustilanteessa tämä mahdollistaa ko. tilanteen toistuvan harjoittelun lyhyessä ajassa niin monta kertaa, että oppilas sen hallitsee.
- 6 Ulkoisten ja paikallisesti ohjattavien muutujien asetus (esim. meriveden lämpötila, sähköverkon taajuus, apuvalvomoista ohjattavat laitteet).
- 7 Simulointitilanteen valvonta käyttäen hyväksi esim.
 - tilaa kuvaavia dynaamisia printtauksia
 - samoja kuvaputkinäyttöjä, mitkä ovat oppilaan käytettävissä
 - valittavissa olevien häiriötilanteiden näyttöformaatteja, joissa aktiivinen häiriötilanne on osoitettu

- 8 Oppilaan valvonta
- oppilaan ja opettajan toiminnot tu-
lostetaan aikajärjestyksessä raport-
tina
 - oppitunnin yhteenvetoraportti
- 9 Erilaiset apufunktiot

Opettajan laitteiston suunnittelussa tavoitteena on ollut sellainen järjestelmä, että opettaja mahdollisimman pitkälle pääsee eroon rutiiniluonteisista tehtävistä ja pitkistä operointisekvensseistä ja voisi miellyttävissä työskentelyolosuhteissa mahdollisimman hyvin keskittyä tärkeimpään tehtäväänsä; oppilaan ohjaukseen ja valvontaan. Tämä edellyttää paitsi oikeiden laitteiden ja funktioiden käytettävissä oloa, ergonomisten tekijöiden huomioonottoa laitteiston suunnittelussa sekä funktioiden toteuttamistavan valinnassa.

Näiden funktioiden toteuttamiseksi opettajan pöytään on asennettu seuraavat laitteet (kuva 4):

- 4 alfanumeerista kuvaputkea
- Graafinen kuvaputki
- Funktionäppäimistö
- Alfanumeerinen näppäimistö
- Puhelin

Yhtä alfanumeerista kuvaputkea käytetään itsenäisesti opettajan ja simulaattorin väliseen kommunikointiin funktionäppäimistön ja alfanumeerisen näppäimistön kanssa. Muut kolme alfanumeerista kuvaputkea toimivat "orjina" valvomon kolmelle alfanumeerisena duplikoidulle kuvaputkelle ja näyttävät siten samoja formaatteja, kuin valvomossa olevat kuvaputket.

Opettajan graafista kuvaputkea voidaan käyttää itsenäisenä tai "orjana" mille tahansa graafisena duplikoiduista valvomon kuvaputkista opettajan valinnan mukaisesti. Orjamoodissa opettaja siis näkee samat formaatit, jotka oppilas valitsee. Itsenäisessä moodissa opettaja voi itse valita haluamiaan formaatteja.

Eräänä suunnittelun lähtökohtana on ollut oppitunti-orientoitunut koulutus. Se mahdollistaa oppituntien ennalta suunnittelun ja standardikoulustilanteiden luomisen, mikä helpottaa oppilaiden ammattitaidon arviointia.

Opettajan toimitojen toteutustapaa määräävänä periaatteena on ollut, että usein tarvittavat funktiot on pystyttävä suorittamaan yhdellä napin painalluksella. Tämä on johtanut "MENU"-tyyppiseen kommunikointijärjestelmään, jossa opettaja voi kuvaputkella olevasta luettelosta valita haluamansa toiminnon.

Kuvassa 6 on esitetty perusvalintaformaatti, josta oppituntia voidaan ryhtyä toteuttamaan.

Kuvassa 6 on esimerkki tyypillisestä oppituntiformaatista, josta oppituntikohtaiset alkutilat (5 kpl) ja häiriötilanteet (max. 8 kpl) voidaan yhdellä napin painalluksella aktivoida.

2.3 Tietokonejärjestelmä

Simulaattorin tietokonejärjestelmä koostuu kahdesta osasta:

- simulointitietokonejärjestelmä
- laitostietokonejärjestelmä

Yksinkertaistettu kaavakuva järjestelmästä on esitetty kuvassa 7.

Simuloinnin on tapahduttava reaaliajassa ja kaikkien vasteaikojen ja efektien tulee tapahtua niin todennukaisesti, että kokenutkaan operaattori ei havaitse eroa vastaaviin ilmiöihin nähden itse laitoksella.

Nämä vaatimukset edellyttävät simulointitietokoneelta huomattavaa kapasiteettia, mikä taloudellisimmin saadaan aikaan multi-minutietokonejärjestelmällä.

Suuren laskentakapasiteetin ohella simulointitietokoneella asetettavia vaatimuksia ovat:

- . tehokas standardi käyttöjärjestelmä
- . tehokas korkean tason ohjelmointikieli
- . tehokas liukuvan pilkun prosessori
- . moniporttimuisti
- . laaja osoiteavaruus
- . helppo laajennettavuus
- . tehokkaat ohjelmiston kehitysvälineet

Loviisan simulointitietokonejärjestelmä koostuu kuvan 7 mukaisesti kolmesta rinnakkaisesta neliporttimuistin ympärille konfiguroidusta PDP-11 -tietokoneesta ja huolehtii kaikkien varsinaisten simulointimallien ratkaisemisesta (PDP 11/70 -koneet) ja I/O-toiminnasta (PDP 11/34).

PDP 11 -tietokoneet käyttävät 16 bitin sanapituutta ja ovat varustetut liukuvan pilkun prosessorilla. Asynkroninen UNIBUS toimii kommunikointiväylänä keskusyksikön, vastaavien oheislaitteiden sekä moniporttimuistin välillä.

Käyttämällä kolmea PDP 11 -tietokonetta rinnakkaiskonfiguraatiossa on ollut mahdollista saavuttaa edullinen tehokkuus/hinta -suhde verrattuna tavanomaiseen monoliittisellä tietokoneella toteutettuun simulaattoriin. Rinnakkainen asynkroninen toimintatapa mahdollistaa suuren laskentakapasiteetin ja konfiguraatiota on helppo räätälöidä sovellutukseen sopivaksi. Myöskin prioriteettikonflikteja ja vasteaikaongelmia voidaan näin tehokkaasti välttää. Ohjelmiston rakenne saadaan samalla suhteellisen yksinkertaiseksi, mikä lisää sen luotettavuutta.

Laitostietokonejärjestelmä liittyy linkin välityksellä simulointitietokonejärjestelmään ja on simuloitavan Argus 500 -koneen kaksoiskappale, tosin jossakin määrin sekä laitteistonsa että ohjelmistonsa puolesta redusoituna. Simulaattorissa sen tehtävänä on lähinnä huolehtia operaattorin kommunikoinnista, ohjata näyttölaitteista sekä generoida raportteja.

Kuten aikaisemmin on mainittu, Loviisan voimalaitoksen tietokoneella on poikkeuksellisen keskeinen asema laitoksen ohjauksessa. Se on pitkälle kehitetty järjestelmä, joka perustuu laajaan kommunikointiohjelmistoon ja lukuisiin kuvaputkiformaatteihin ja raportteihin. Tästä syystä järjestelmän duplikointi simulaattorille on taloudellisempi vaihtoehto kuin sen simulointi jollakin toisella tietokoneella. Valittu ratkaisu on ollut myöskin varsin helppo toteuttaa ottaen huomioon, että Nokia Elektroniikka on toimitanut myöskin Loviisan tietokonejärjestelmän.

2.4

Liitännäjäjärjestelmä

Simulaattorin liitännäjäjärjestelmän tehtävänä on yhdistää valvomo kaikkine instrumentteineen ja laitteineen tietokonejärjestelmään. Järjestelmän ohjauksesta huolehtii PDP 11/34 -tietokone. I/O-pisteiden kokonaisuusmäärät ovat seuraavat:

-	Analogiset sisään tulot	10
-	Analogiset ulostulot	300
-	Digitaaliset sisäänmenot	1500
-	Digitaaliset ulostulot	3000

3.2 Simulointiohjelmisto

Ehkäpä tärkein ja vaativin tehtävä simulaattori-projektissa on määritellä, mitä halutaan simuloida. Tässä määrittelyssä tapahtuneita virheitä on nimitäin hyvin vaikeaa ja kallista myöhemmin korjata.

Tämän suorittamiseksi laitos jaettiin sopivista toiminnallisista kokonaisuuksista muodostuviin osajärjestelmiin, joiden rajat noudattavat pääosin varsinaisella laitoksella käytettävää osaprosessijakoa.

Tämän jälkeen määriteltiin, mitkä osajärjestelmät, laitoskomponentit ja instrumentit simuloidaan, millä tarkkuudella simulointi tulee suorittaa ja mitkä ovat eri osajärjestelmien vuorovaikutukset. Tämä työ suoritettiin useissa ryhmissä laitosoperaattorin, instrumentointi-insinöörin ja simulointiasiantuntijan välisenä yhteistyönä. Jokaisen alijärjestelmän osalta generoitiin seuraavat dokumentit:

1. Osajärjestelmän tarkoitus
2. Simuloitavat toimintatilanteet
3. Simulointimallin periaate
4. Yksinkertaistavat olettamukset
5. Järjestelmän sisäänmeno- ja ulostulo-signaalit
6. Prosessikuvat, joihin simuloitavat osat on merkitty
7. Luettelo tarvittavista laitosteidoista

Lisäksi määriteltiin mm. simuloitavat häiriötilanteet sekä duplikoitavat valvomoinstrumentit.

Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että kaikki päävalvomosta ohjattavat, välittömästi energian tuotantoon tarvittavat osaprosessit ja valvomoinstrumentit ovat simuloituna.

Merkittävä piirre Loviisan simulaattorissa on standardimallien ja keskitettyjen ratkaisumenetelmien tehokas hyväksikäyttö ohjelmointityön (ja samalla testaustarpeen) minimoimiseksi. Tuloksena saadaan siten myös mahdollisimman virheetön ohjelmisto. Samaan päämäärään tähtää korkeatasoisen ohjelmointikielen (FORTRAN IV +) lähes yksinomainen käyttö. Ainoastaan logiikkamallit, jotka vaativat tehokasta bittimanipulointia, sekä yhteiset kriittiset aliohjelmat toteutetaan MACRO-assemblerilla.

Liitäntäjärjestelmä toteutetaan Nokia Elektronikan standardi PP8000 -laitteistolla, joka on varustettu puolijohdemuistilla.

3 Simulaattorin ohjelmisto

Suurin työ simulaattorin rakentamisessa menee ohjelmiston kehittämiseen. Koko simulaattorin ohjelmisto voidaan jakaa kahteen osaan:

- 1 Simulointiohjelmisto
- 2 Systeemiohjelmisto

Edelliseen ryhmään lasketaan kuuluvaksi kaikki fyysisten laitoskomponenttien simulointimallit ja jälkimmäiseen ryhmään kaikki muu ohjelmisto mukaan lukien Argus 500 -ohjelmat.

3.1 Systeemiohjelmisto

Simulaattorin systeemiohjelmistoon PDP-11 -puolella kuuluvat mm. seuraavat tärkeimmät osat:

- Käyttäjärjestelmä, jona on tietokonevalmistajan (DEC) RSX 11M
- Simulaattorin eksekutiivi, joka valvoo malliohjelmien toteutusjärjestystä ja ajoitusta
- Opettajan ohjelmisto, joka sisältää mm.
 - raportti- ja näyttölaiteohjelmat
 - paneeliohjelmat
 - opettajan apuvälineet (pysähdyttäminen, tallennus, jne)
- I/O-ohjelmat, jotka huolehtivat tiedonsiirrosta valvomon ja tietokoneiden välillä

Näiden lisäksi simulaattoriin kuuluu laaja ohjelmakehitysjärjestelmä, joka tietokonevalmistajan standardiohjelmien lisäksi käsittää erityisesti tätä projektia varten kehitettyjä työkaluja. Näihin palaamme vielä esityksen lopussa.

Argus 500 -puolella ohjelmisto on olennaisesti sama kuin laitostietokoneellakin, tosin soveltuvin osin redusoituna. Myös ohjelmamuutoksia joudutaan suorittamaan ja joitakin uusia ohjelmia kehittämään.

Laitoksen höyry- ja vesiputkistot sekä lämmönvaihtimet käsitellään yhdellä ohjelmalla, THLF-mallilla (Thermal Hydraulic Load Flow), joka analysoi verkkojen rakenteet, ratkaisee iteratiivisesti syntyvät epälineaariset yhtälöryhmät paineille verkon eri pisteissä ja muodostaa näistä sen jälkeen virtaukset putkistohaaroissa ja lopuksi laskee lämpötilat (ja tarvittaessa boorikonsentraatiot) halutuissa verkon pisteissä. THLF-mallin periaate on esitetty karkeasti kuvassa 8. Verkkojen ratkaisut riippuvat dynaamisesti verkon reunalla olevien pisteiden paineista sekä verkon sisäisistä tilan muutoksista. Vm. muutoksia ovat pumppujen käynnistykset ja pysäytykset sekä venttiilien avautuminen ja sulkeutuminen. Verkon rakenteeseen vaikuttavien muutosten jälkeen ohjelma analysoi uudestaan verkon ja muodostaa osaluokat, jotka voidaan ratkaista toisistaan erillisinä.

Simuloitavan verkon laajuutta kuvaavat seuraavat parametrit

-	Venttiilejä	800 kpl
-	Pumppuja	70 kpl
-	Virtaushaaroja	800 kpl
-	Painenoodeja	500 kpl
-	Lämmönvaihtimia	70 kpl

Sopivat interface-ohjelmat lisäämällä THLF-pakettia voidaan käyttää myös höyryputkistojen simulointiin.

Taulukossa 1 on luettelo niistä järjestelmistä, joiden simulointi tapahtuu THLF-ohjelman avulla.

Verrattuna siihen vaihtoehtoon, että kaikkia em. järjestelmiä varten olisi jouduttu kehittämään erillinen malli, uskomme ajan ja efortin säästön THLF-ohjelmaa käytettäessä olevan huomattavan.

Seuraavan esimerkin tarkoituksena on käyttäjän kannalta katsottuna pyrkiä antamaan kuva siitä, miten THLF-pakettia käytetään.

1. Lähdetään PI-kaavioista, joihin simuloitavat prosessin osat on värityksellä merkitty (kuva 9).
2. Piirretään yksinkertaistettu kaavio, jossa kaikki THLF:n tarvitsemat tiedot ovat näkyvissä. Esimerkki tällaisesta kaaviosta turpiinin 1 päälauhdejärjestelmälle on annettu kuvassa 10.

3. Kaikki tarpeellinen THLF-data kerätään input-kaavakkeille. Kuvassa 11 on esimerkki pumppujen simulointiin tarvittavasta datasta (yksi rivi/pumppu). Vastaavalla tavalla kerätään tiedot venttiileistä, lämmönvaihtimista, ns. noodeista ja kiinteästä datasta (staattiset paine-erot ja vakiovirtausvas-tukset). Lisäksi kerätään verkon struktuuria koskeva tieto, josta on esimerkki kuvassa 12. Yksi rivi vastaa yhtä putkiston haaraa. Itse haaran identifikaation lisäksi identifioidaan siihen liittyvät noodit, venttiilit, pumput, kiinteä data, ja lämpötila.
4. Viimeinen vaihe on tietojen editointi "Source Fileen", josta THLF-input-ohjelma lukee ko. tiedot ja muodostaa tiivistetyn "Binary Save Filen", jota on-line THLF-ohjelmat käyttävät. Periaate ilmenee kuvasta 13. Tarvittavat THLF-muuttujat lisätään myös simulaattorin tietokantaan.

THLF-ohjelma kattaa siis huomattavan osan laitoksen simuloinnista. Muita osajärjestelmiä varten on omien simulointimallien kehittäminen tarpeen.

Aina kun mahdollista, nämä simulointimallit perustuvat prosessien todellisiin fysikaalisiin yhtälöihin, jotka yleensä ovat differentiaaliyhtälöitä. Sen sijaan ns. black box -menetelmää pyritään välttämään. Näin mallit kattavat riittävällä tarkkuudella ja reaalisuudella kaikki toimintatilanteet kylmästä seisokista täydelle teholle, vakioteholla, transienteissa, häiriö ja hätätilanteissa sekä opettajan aktiivisissa häiriötilanteissa. Lisäksi osajärjestelmien vuorovaikutukset on mahdollista kuvata realistisesti.

Seuraavassa on yhteenvedon omaisesti käsitelty eri laiteosien simulointiin käytettäviä tärkeimpiä malleja.

1. Primääripiiri

Primääripiiri on jaettu 19:ään osajärjestelmään mallien kehittämistä ajatellen. Tärkeimmät mallit tällä alueella ovat

- THLF
- Reaktori
 - . pistemalli
 - . aksiaalinen neutroniikkamalli
 - . aksiaalinen termohydrauliikkamalli
 - . radiaalinen malli
 - . säätösauvamalli

- Pääkiertopiirien virtaus- ja lämpötilamallit
- Paineentasausjärjestelmän malli
- Höyrystimien mallit

2.

Sekundääripiiri

Sekundääripiiri on jaettu 15:een eri osajärjestelmään. Tämän osan simuloinnissa käytetään THLF-ohjelmaa ja TCF-mallia, joka kattaa

- . Turbiinit, välitulistimet ja veden-eroituksen
- . Lauhduttimet
- . Esilämmittimet

3.

Sähköjärjestelmät

Sähköjärjestelmät on jaettu 8:aan eri osajärjestelmään. Tärkeimpiä malleja ovat

- Generaattorit
- Generaattorin apujärjestelmät
 - . magnetointi
 - . synkronointi
 - . staattorin jäähdytys
 - . vety
 - . tiivisteöljy
- Omakäyttöverkko

4.

Automatiikat ja lukitukset

Loviisan voimalaitoksen automatiikat noudattavat ns. hierarkisen ohjausjärjestelmän periaatetta, minkä mukaisesti ohjausjärjestelmässä voidaan erottaa seuraavat tasot:

- 1 laitoksen johtotaso
- 2 ryhmäohjaustaso
- 3 alaryhmäohjaustaso
- 4 yksittäisohjaustaso

Automatiikkajärjestelmien simuloinnin piiriin kuuluviksi katsotaan näistä tasoista kolme viimeksimainittua, eli ryhmä-, alaryhmä- ja yksittäisohjaustasot. Lisäksi tässä yhteydessä simuloidaan näiden automatiikkojen kautta ohjauksensa saavien venttiilien ja pumppujen toiminta.

Simulointiohjelmisto jakaantuu täältä osin em. tasojen mukaisesti sisältäen lisäksi toimilaitteiden käsittelyyn tarvittavat ohjelmamodulit sekä ohjelmat osa-automatiikoiden käsittelyä varten.

Näiden logiikkojen simulointi on hyvälaatuisen dokumentaation pohjalta suoraviivaista, mutta vaatii huomattavan työpanoksen automatiikkojen ja lukitus-ten suuren määrän vuoksi. Nämä ohjelmat laaditaan PDP 11:n MACRO-assembler kielisinä, koska niiltä vaaditaan erittäin suurta suoritusnopeutta ja ne edellyttävät mahdollisuutta tehokkaaseen bittien manipulointiin.

Simuloitujen logiikkojen lukumäärä on suurin piirtein seuraava:

-	ryhmäohjaukset	(16 kpl)
-	alaryhmäohjaukset	(37 kpl)
-	vaihtoautomatiikat	(17 kpl)
-	osaohjaukset	(37 kpl)
-	lukitukset	(750:lle toimilaitteelle)

5.

Hätäjärjestelmät

Hätäjärjestelmät simuloidaan THLF:llä (häätäjäähdytys, hätälisävesi ja sprinklerit) ja erillisellä suojarakennuksen ja jäälauhduttimen mallilla.

6.

Suojausjärjestelmät

Kaikki suojausjärjestelmien funktiot sekä reaktorin että laitoksen puolella simuloidaan. Näihin kuuluvat:

- . reaktorin suojaus
- . generaattorin suojaus
- . turbiinin suojaus
- . laitossuojaus

7.

Säätöjärjestelmät

Itsenäiset mallit on jouduttu kehittämään 15:lle erilliselle pääsäättäjälle, jotka sisältävät runsaasti loogisia toimintoja. Tällaisia ovat

- . laitostehon säätö
- . turbiinin tehon ja kierrosluvun säätö
- . reaktorin tehon säätö

- . paineistimen paineen ja pinnakorkeuden säätö
- . höyrystimen pinnankorkeuden säätö

Koska ne ovat laitoksen toiminnan kannalta erittäin olennaisia, eivät huomattavat yksinkertaistukset niiden osalta tule kyseeseen. Käytettävissä olevan hyvän dokumentaation pohjalta simulointimallien kehittäminen on suhteellisen suoraviivaista.

Laitoksen muut n. 100 tavanomaista P- tai PI-säätäjää simuloidaan yhdellä ohjelmalla.

8. Pumput ja venttiilit

Kaikki simuloidut pumput tai venttiilit käsitellään yhdessä ohjelmassa, joka tutkii mitä ohjauksia kullekin laitteelle on annettu valvomosta, automaatioilta, ja suojausjärjestelmiltä. Ohjelma muodostaa laitteen uuden tilan näiden tietojen perusteella ja antaa tarpeelliset ohjaukset valvomon merkkilampuille, THLF-ohjelmalle ja laitostietokoneelle. Kuvassa 14 on esitetty venttiilihandlerin toimintaperiaate.

Ohjelmakehitysjärjestelmä

Riittävän luotettavan simulaattoriohjelmiston kehittäminen sovittun aikataulun ja suunnittelun työmäärän puitteissa on vaativa tehtävä, johtuen sovellutuksen seuraavista erikoispiirteistä:

- Se on erittäin laaja ohjelmointitehtävä
- Mallien välillä on runsaasti vuorovaikutuksia, joiden lopullinen testaus voi tapahtua vasta integroidussa järjestelmässä
- Useimmat kehitettävät mallit ovat kokeellisia ja vaativat siten jatkuvaa muutosten tekoa

Seuraavassa esitellään niitä toimenpiteitä, joilla edellä kuvatut vaikeudet on pyritty Loviisan simulaattoriprojektissa voittamaan:

- Kuten edellä on jo käynyt ilmi, ohjelmointityötä on minimoitu käyttämällä mahdollisuuksien mukaan standardimalleja ja yleistettyjä ratkaisumenetelmiä
- Suurin osa ohjelmoinnista toteutetaan FORTRAN IV+:lla, mikä minimoi ohjelmointiin ja testaukseen kuluvan ajan

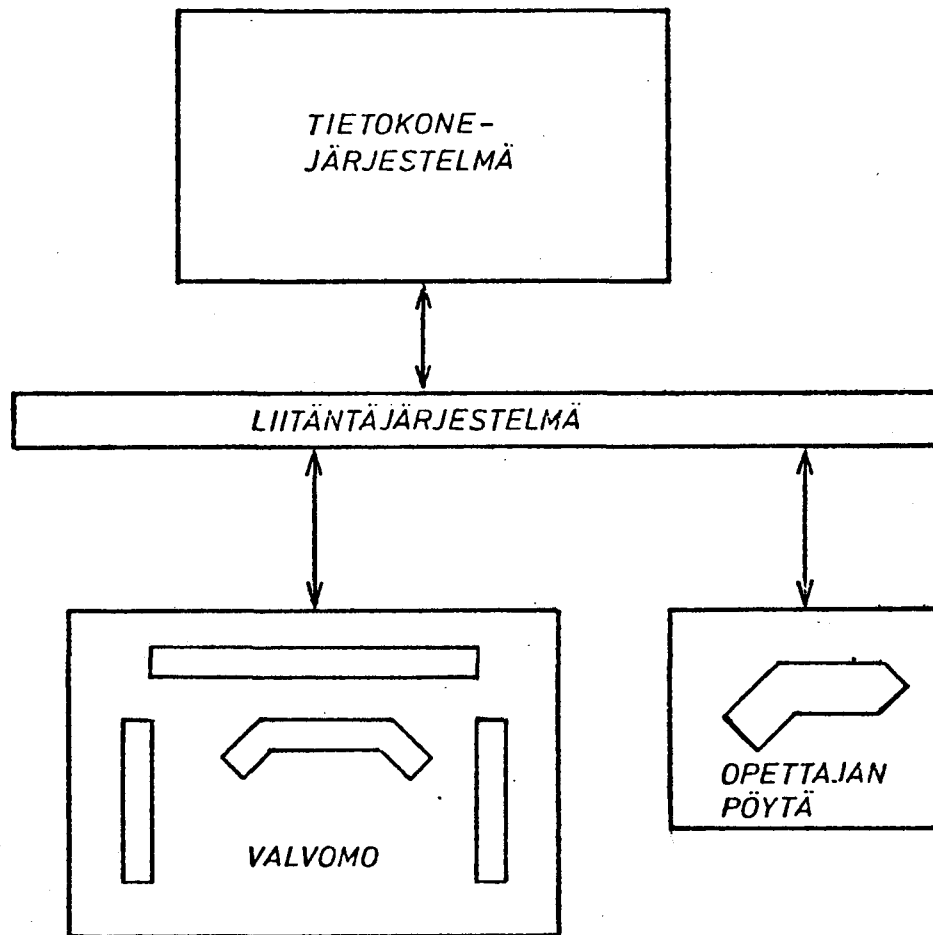
THLF-OHJELMALLA SIMULOITAVAT JÄRJESTELMÄT

- TUOREHÖYRYPUTKET
- TURBIININ OHITUS
- SYÖTTÖVESI
- PÄÄLAUHDE
- SIVULAUHDE
- OMAKÄYTTÖHÖYRY
- JÄLKILÄMMÖN POISTO
- LISÄVEDEN SYÖTTÖ
- VOITELUÖLJY
- TIIVISTEHÖYRY
- TURBIININ VESITYS
- KEMIKAALIEN SYÖTTÖ
- JÄÄHDYTTEEN PUHDISTUS
- JÄÄHDYTTEEN ULOSLASKUN ESIPUHDISTUS
- PRIMÄÄRIPIIRIN VÄLIJÄÄHDYTYS
- HÄTÄJÄÄHDYTYS
- HÄTÄLISÄVESI
- NORMAALI LISÄVESI JA VUOTOJENKERUUJÄRJ.
- SPRINKLERIT
- MERIVESIJÄRJESTELMÄ
- MAKEAVESIJÄRJESTELMÄ
- PÄÄKIERTOPUMPPUJEN TIIVISTEVESIJÄRJESTELMÄ

- Käytetään uutta tehokasta tietokantajärjestelmää, joka on kehitetty nimenomaan prosessitietokonesovellutuksia silmällä pitäen. Sen avulla käy simulaattorin noin 10 000 muuttujan käsittely joustavasti.
- Kehitettyjä standardeja noudatetaan tiukasti
 - . ohjelmointisääntöjen suhteen, joiden laatimisessa ollaan pitkälti noudatettu strukturoidun ohjelmoinnin periaatteita
 - . dokumentoinnin suhteen
 - . ohjelmiston integrointi- ja varmistusproseduurien suhteen
- Edellä esitettyjen standardisointikysymysten hoitamiseksi on projektiin kiinnitetty ohjelmiston laadunvalvontahenkilö, joka samalla toimii "data base managerina".

Periaatekuva tietokantajärjestelmästä on esitetty kuvassa 15.

- Tietokantajärjestelmä sisältää tiedostorakenteet (Data Base File, Snapshots, Global Common) tarvittavan tiedon säilyttämiseksi. Nämä tiedostot sisältävät tietoutta malliohjelmista ja mallimuuttujista.
- Data Base Update -ohjelman avulla tietokantaa voidaan rakentaa ja editoida.
- Precompiler muodostaa linkin malliohjelmien ja tietokannan välille. Se sallii ohjelmien käyttävän muuttujille niiden todellisia nimiä laitoksella. Ohjelmat voivat olla joko Fortran-tai ASSEMBLER-kielisiä tai kirjoitettuna FLECS-kielillä, joka on strukturoiduilla säännöillä laajennettu Fortran. Precompilerin osana on kääntäjä, joka kääntää FLECS-kielisen ohjelman Fortran-kieliseksi.
- OFFTEST on off-line testiohjelma, joka mahdollistaa malliohjelmien helpon testauksen yksittäin tai sopivissa ryhmissä.
- REPORT GENERATOR -ohjelma tulostaa taulukko- tai käyrämuodossa testitulokset, jotka on otettu talteen OFFTEST-ajon aikana.
- Lisäapuneuvona on on-line -testiohjelma, joka sallii reaaliaikaisen simuloinnin kuluessa muistipaikkojen tutkimisen ja muutosten teon käyttäen symbolisia muuttujien nimiä.



Kuva 1 Koulutussimulaattorin
pääosat



Kuva 2. Loviisan voimalaitoksen päävalvomo



Kuva 3

Loviisan koulutussimulaattorin valvomo Nokia
Elektroniikan tiloissa rakennusvaiheen aikana

42



Kuva 4. Loviisan koulutussimulaattorin opettajan pöytä

74

Kuva 5 Perusvalintaformaatti

VALINTAFORMAATTI	
ON	OPETUSJAKSON VALINTA.
ON	ALKUTILANTEET
ON	HÄIRIÖRYHMÄN VALINTA
ON	ANAL. SUUR. SEUR. RAP
ON	BACKTRACK FORMAATTI
	ASETETTAVAT PARAMETRIIT
	PAIKALLISOCHJAUKSET
EI	AUTOM. TALLENNUS

YLÖSAJO

AT1

NO1 AUTOMAT. PYSÄHTYY

AT2

NO2 PI-SÄÄTÄJÄ EPÄSTAB.

AT3

NO7 AUTOM. KÄYNN. VIRHE

AT4

LO1 HÄIRIÖ VERKOSSA

OPPITUNNIN PÄÄTÖS

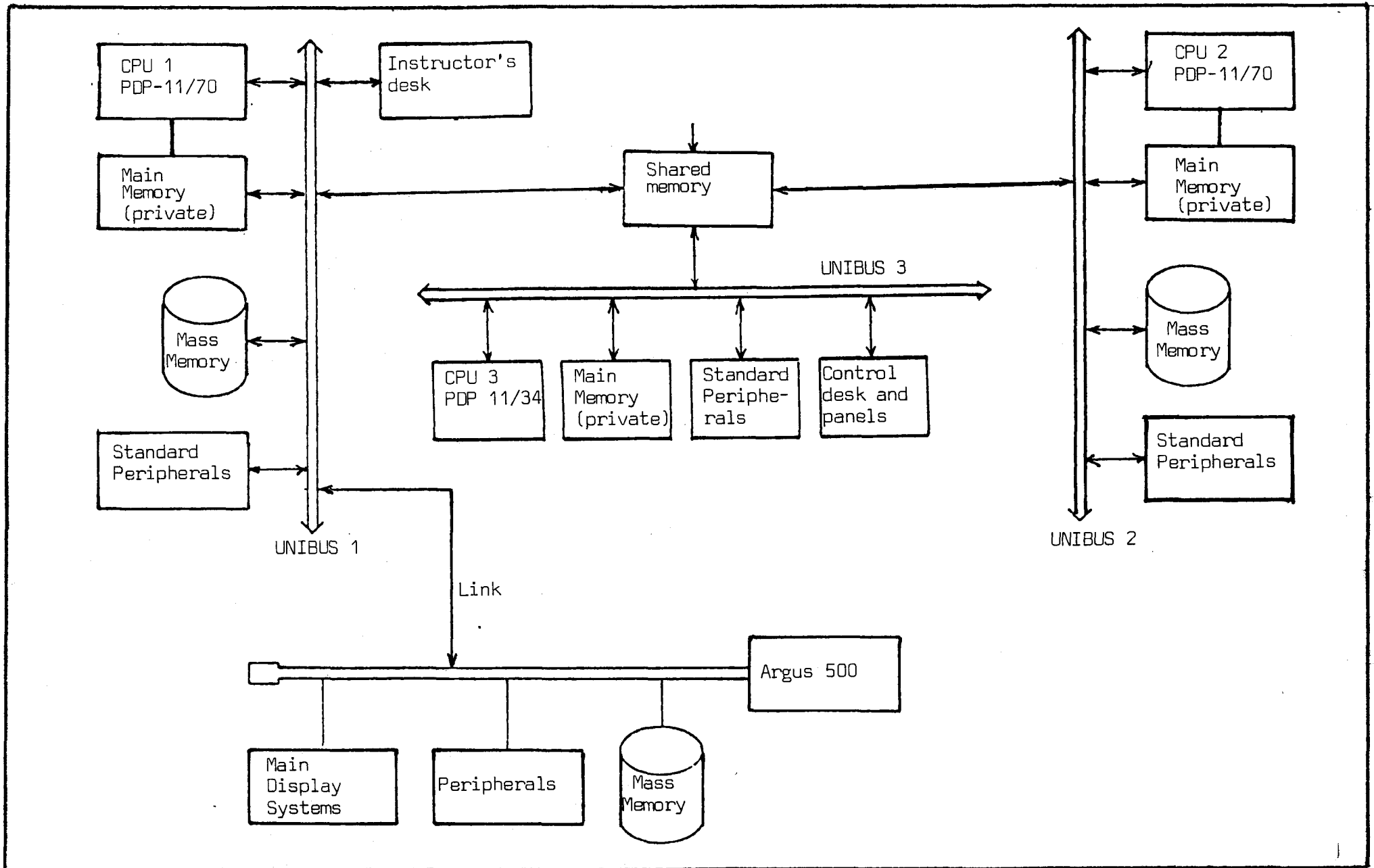
LI3 400 KV: JOHDON LAUK.

NO4 HÄIRIÖ LUKITUKSESSA

NO8 VIRHE SUOJ.SIGN.

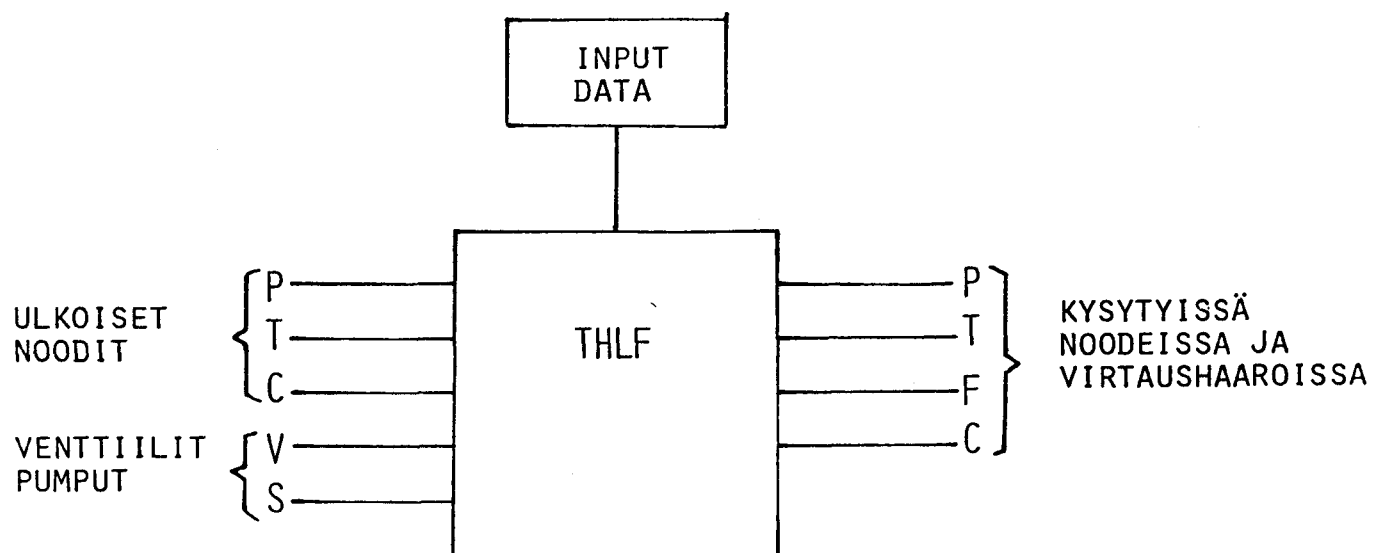
Kuva 6 Oppituntiformaatti

45.



Kuva 7. Periaatekuva simulaattorin tietokonejärjestelmästä

THLF/VESIPUTKISTOT

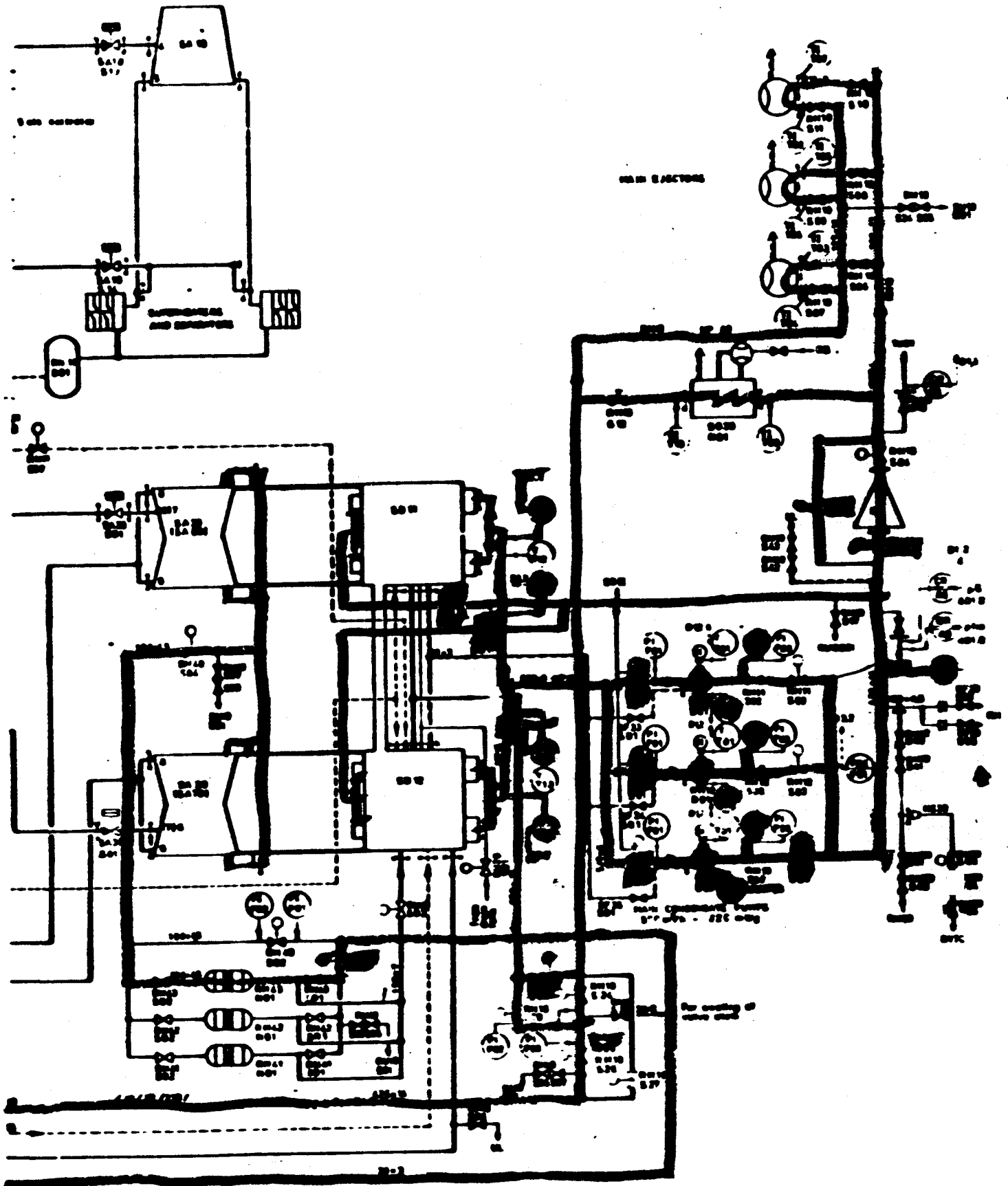


PERUSOLETTAMUKSET

1. OMINAISLÄMPÖ VAKIO
2. OMINAISTILAVUUS VAKIO
3. VAIN VETTÄ

Kuva 8

Kuva 9 Osa PI-kaaviota, johon simuloitavat komponentit ja mittaukset on merkitty



THLF PUMP DATA

PUMP ID	SHUT OFF	Δp	FLOW
P *RH110001	27.2	23	138.9
P *RH120001	27.2	23	138.9
P *RH130001	27.2	23	138.9
P *RH510001	27.2	23	138.9
P *RH520001	27.2	23	138.9
P *RH530001	27.2	23	138.9
P *RH150001	14	13	32.3
P *RH150002	14	13	32.3
P *RH170001	25.5	21.2	54
P *RH550001	14	13	32.3
P *RH550002	14	13	32.3
P *RH570001	25.5	21.2	54

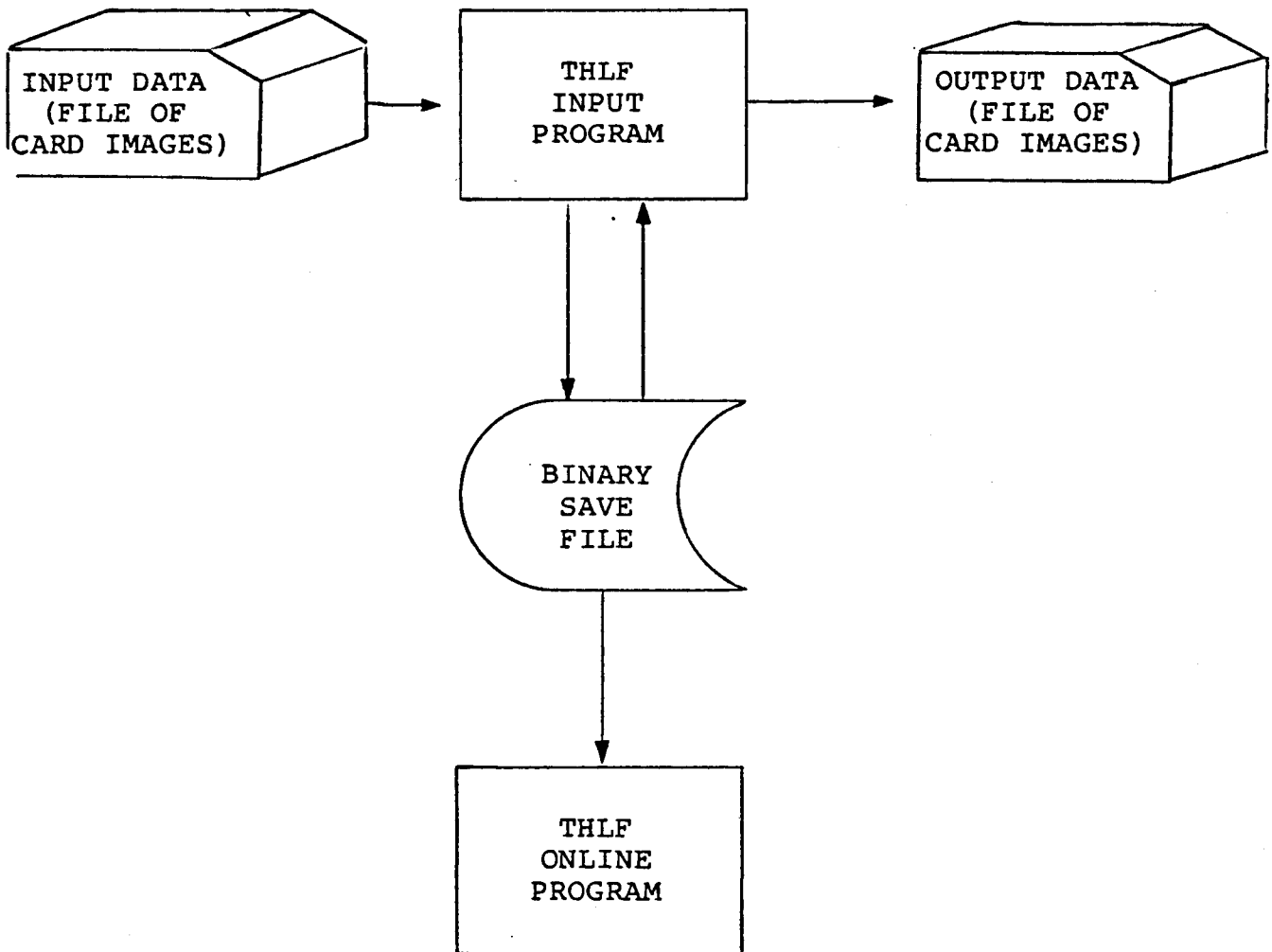
Kuva 11

THLF-pumpputiedot

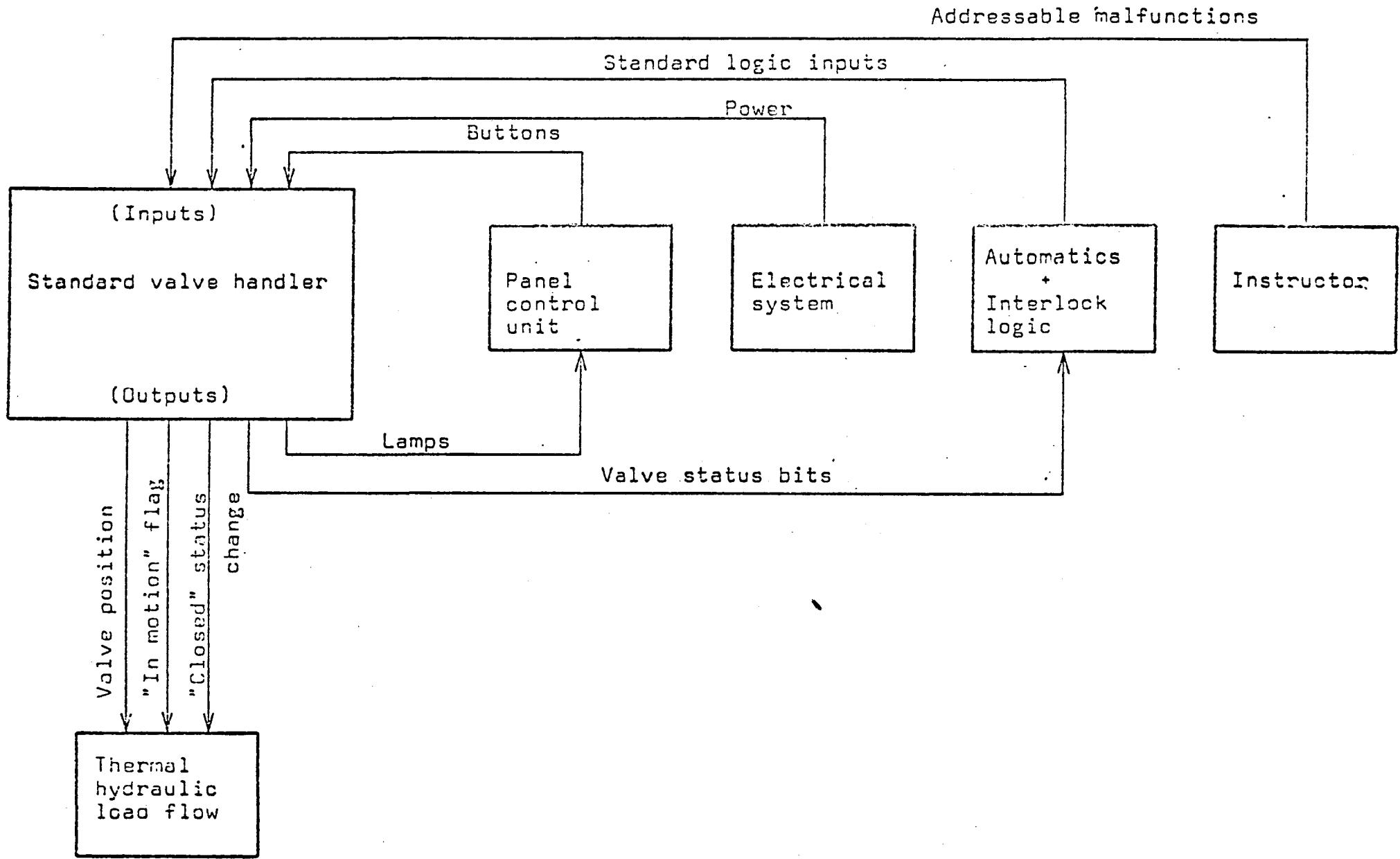
THLF BRANCH DATA

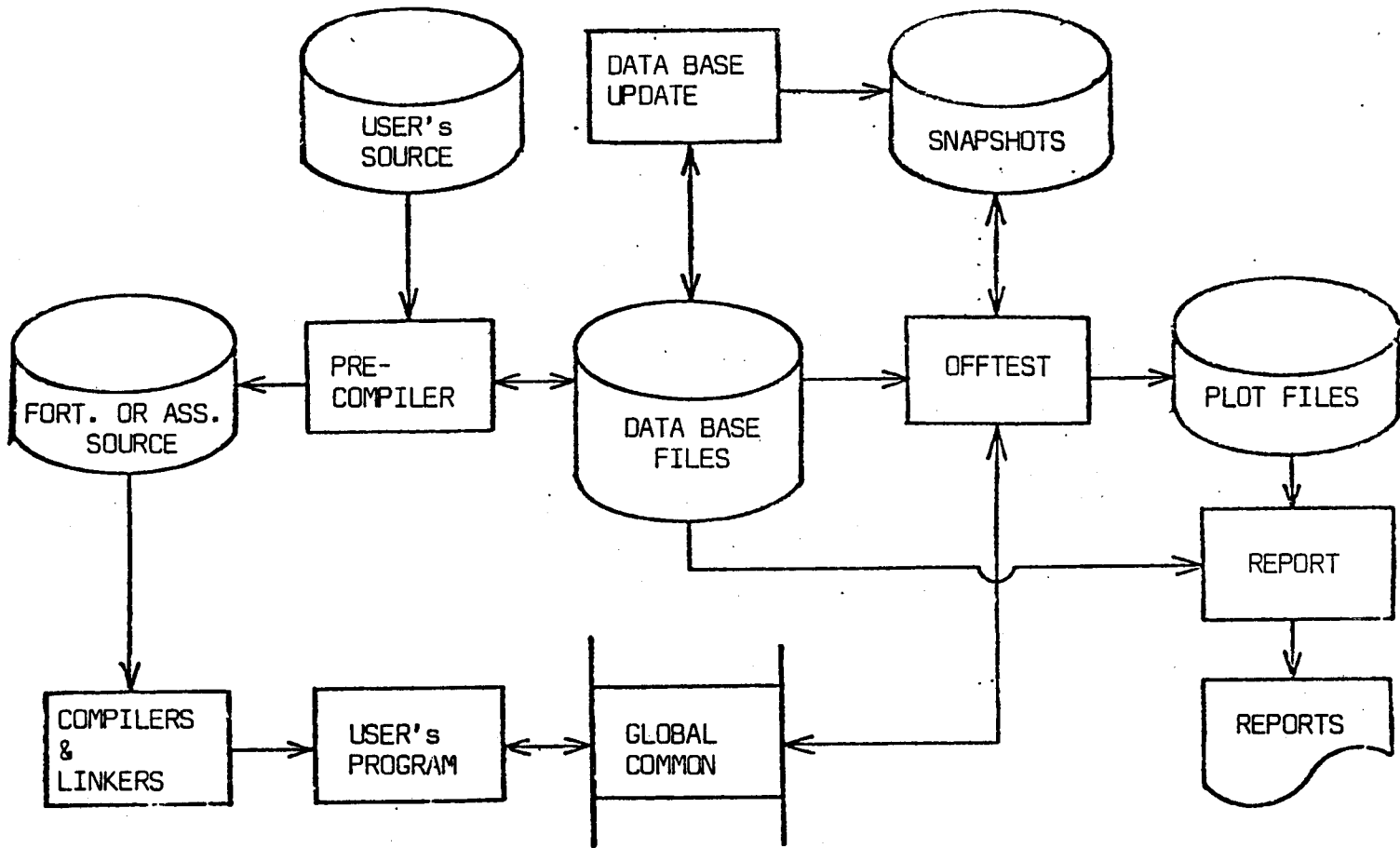
51

BRANCH ID	FROM NODE ID	TO NODE ID	VALVE1 ID	VALVE2 ID	PUMP ID	FIXED ID	BRANCH TEMP ID
B *RH60F002	RM50P84Z	*RL50P001					RN60G02Z
B RH61F91Z	RM50P84Z	*RM62P98Z					RN61G91Z *RM61T010
B RH61F92Z	RM50P84Z	RN61P93Z *RM61S003					
B RH61F96Z	*RM61P98Z	RN61P93Z *RM61S002					
B RH61F99Z	RM50P84Z	*RM61P98Z *RM61S001					RN61G99Z *RM61T003
B RH62F97Z	RM61P93Z	*RM62P98Z *RM62S003					
B RH62F99Z	RM61P93Z	*RM62P98Z *RM62S001 *RM62S002					RN62G99Z
B RH63F97Z	*RM62P98Z	RN63P98Z *RM63S003					
B RH63F99Z	*RM62P98Z	RN63P98Z *RM63S001 *RM63S002					RN63G99Z
B *RH80F99Z	*RC61P001	*SD51P001 *RM80S001 *RM80S004					
B *RH11F97Z C	RN11P99Z	*RH16P003 *RH11S006					
B *RH11F98Z C	RN11P99Z	*SD11P001 *RH11S007					
B *RH11F99Z	*RN11P98Z	RN11P99Z *RH11S002					
B *RH12F97Z C	RN12P98Z	*RL10P001 *RH12S004					
B *RH12F98Z C	RN12P98Z	*SD11P001 *RH12S005					
B *RH12F99Z	*RN12P99Z	RN12P98Z *RH12S001					
B *RH13F97Z C	RN13P98Z	*RL10P001 *RH13S004					
B *RH13F98Z C	RN13P98Z	*RD11P003 *RH13S002					
B *RH13F99Z	*RN13P99Z	RN13P98Z *RH13S001					
B *RH14F97Z C	RN14P99Z	*RH15P002 *RH14S002					
B *RH14F98Z C	RN14P99Z	*SD11P001 *RH14S003					
B *RH14F99Z	*RH14P003	RN14P99Z *RH14S001					
B *RH15F001 C	RN15P96Z	*RM22P980					RN15G01Z
B *RH15F91Z C	*RN15P94Z	*RM22P98Z					RN15G91Z
B *RH15F92Z C	RN15P99Z	*SD11P001 *RN15S005 *RN15S006					RN15G92Z
B RH15F94Z	RN15P95Z	RN15P96Z *RH15S010					
B *RH15F95Z C	RN15P99Z	RN15P95Z *RN15S007 *RN15S009 *RH15D002					
B RH15F96Z	RN15P97Z	RN15P96Z *RH15S004					
B *RH15F97Z C	RN15P99Z	RN15P97Z *RN15S001 *RN15S003 *RH15D001					
B *RH15F99Z	*RH15P002	RN15P99Z					RN15G99Z



53





Kuva 15

Tietokantajärjestelmä

T. Eurola:

TURVALLISUUSTUTKIMUKSEN NÄKÖALAT SUOMESSA TURVALLI-
SUUSVIRANOMAISEN KANNALTA

1. Tavoitteita

Reaktoriturvallisuustutkimuksen oleellisimpina tavoitteina voitaneen pitää tiedon lisäämistä ja valmiuksien hankkimista ydinenergian tuotantoa koskevien suunnitelmien ja päätösten tekoa sekä suunnitelmien toteutuksessa esiintyvien tehtävien hoitoa varten. Näihin tavoitteisiin tulisi pyrkiä optimitavalla ottaen huomioon omat voimavarat, aikatekijät, mahdollisuudet osallistua muualla tehtäviin tutkimuksiin tai saada muuten tietoa niistä ja mahdollisuudet hyödyntää tätä tietoa omia tarpeita ajatellen.

Tiedon ja valmiuden hankkimisessa tulisi vähimmäistavoitteena olla sellaisten perustietojen ja toimintavalmiuksien saaminen, että

- pystytään arvioimaan tehtyjä tutkimuksia, analyyseja ja niissä käytettyjä menetelmiä (koejärjestelyt, tietokoneohjelmat, korrelaatiot, tulokset)
- pystytään käyttämään asiantuntijoita, heidän valmiuksiaan sekä kommunikoimaan heidän kanssaan tehtävän suoritusta koskevista näkökohdista
- pystytään muualta saatujen tietojen, menetelmien ja tulosten muokkaamiseen meidän tarpeisiimme soveltuviksi.

Valikoitu osallistuminen kansainväliseen ydinenergian tuoton turvallisuutta koskevaan tutkimustoimintaan on meidän oloissamme varmaan merkittävin tekijä edellä viitattuihin tavoitteisiin pyrittäessä. Oma painonsa on kuitenkin korkeakouluissamme ja

*Tämä on ko. tilaisuudessa pidetty STL:lta pyydetty puheenvuoro, joka jäi valitettavan erehdyksen vuoksi julkaisematta ATS Ydintekniikka -lehden numerossa 3/79.

tutkimuslaitoksissamme sinänsä olevalla valmiudella erilaisten reaktoriturvallisuuden osa-alueiden tutkimiseen sekä mahdollisuuksilla tämän oman valmiuden kehittämiseen. Tutkimusvalmiuden omavaraisuuden rajaaminen ei ole kovin yksikäsitteinen tehtävä.

2. Turvallisuusviranomaisen tarpeet

Turvallisuusviranomaisen tehtävien hoitoa suoranaisesti palvelevia tutkimusalueita ovat:

- Riippumattomien toiminta-, luotettavuus-, häiriö- ja onnettomuusanalyysien suorittamisen tai suorituttamisen mahdollistava tutkimus- ja kehitystoiminta
- Erityisalueisiin liittyvän tiedon syventämiseen tähtäävät tutkimukset
- Valvontatyön yhteydessä esiintyvien yksittäisten ongelmien tutkiminen
- Uusien laitostyyppien hyväksyttävyyden arviointia palvelevat tutkimukset
- Valvontavalmiuden kehittämiseen liittyvät tutkimukset
- Tutkimustyöt, jotka palvelevat henkilöiden kouluttamista valvontatehtäviä suorittamaan.

3. Tulevaisuuden tutkimusnäkömät

Viranomainen suorittaa, yleensä suorittuttaa erilaisia riippumattomia analyysieja ydinvoimalaitoksia koskevien lupahakemusten käsittelyn ja rakentamisen valvonnan, jossakin määrin myös käytön valvonnan, yhteydessä. Tällaisten analyysien tarve kytkeytyy vahvasti ydinenergian tuotantolaitosten rakentamisohjelman. Käytön valvonta ja etenkin käytössä esiintyvät häiriö- ja onnettomuustilanteet (sekä kotimaassa että ulkomailla mahdollisesti tapahtuvat) saattavat johtaa jonkinasteiseen lisäanalyysien ja niihin kytkeytyvän tutkimustoiminnan tarpeeseen.

Erityisalueisiin liittyvää tiedon syventämistä palvelevaa tutkimustoimintaa voi olla hyvinkin monenlaista. Käytännössä toiminta on jakautunut kolmelle päälinjalle:

- kansainvälisiin tutkimusprojekteihin osallistuminen
- puhtaasti kotimainen korkeakouluissa tai tutkimuslaitoksissa tapahtuva toiminta
- valvontaviranomaisen tilaamat tutkimukset, jotka eivät kuulu riippumattomien analyysien luokkaan.

Kansainvälisten tutkimusprojektien alueella voidaan osallistumista LOFT-, NORHAV-, CSNI-standardiprobleema-, VTI- ja Marvikenprojekteihin pitää viranomaisen kannalta kohtalaisen oikeaan osuneena toimintana. Se on palvellut sellaisten toimintaedellytysten luomista, ettei esimerkiksi merkittävää tarvetta ole syntynyt käyttää ulkomaista tukea varsinaisessa valvontatyössä. Toiminta on lisäksi palvellut mm. turvallisuustason määrittelyä sekä kuvan saamista turvallisuusmarginaalista, epävarmuustekijöistä ja kriteerien oikeellisuudesta. Valikoitua kansainvälisiin tutkimusprojekteihin osallistumista, joka esimerkiksi tähtää valvontatyössä tarpeellisten laskentamallien parantamiseen, korrelaatioiden ja kriteerien täsmentämiseen ts. nykyisen analysointivalmiuden oikeamittaiseen ajan tasalla pitoon, voidaan valvontaviranomaisen puolelta suositella.

Puhtaasti kotimaisen, korkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa tapahtuvan tutkimustoiminnan ohjauksessa on meidän oloissamme oltava hyvin valikoiva. REWET-kokeet ja suunnitellut VVER-tyypin kanavan erityispiirteitä valaisevat tutkimukset palvelevat hyvin myös viranomaisen tiedon syventämisen tarpeita.

Meneillään olevista säteilyturvallisuuslaitoksen tilaamista tutkimuksista voidaan mainita:

- painevesireaktorilaitoksen ja kiehutusvesireaktorilaitoksen dynamiikkamallin kehittäminen ja verifiointi
- ruostumattomien terästen jännityskorroosiotutkimus
- ydinvoimalaitosten betonirakenteiden epälineaarinen analyysiohjelma
- ydinvoimalaitosten suojarakennuksien jänneterästen korroosiota koskeva tutkimus
- ydinvoimalaitosten suojarakennusten tiiveyttä koskeva tutkimus.

Tämäntapaisten tutkimusten teettämistarvetta näyttää olevan jossain määrin jatkuvasti. Tarveimpulsseja tulee mm. vaatimus-

tason tarkentamisesta, ydinenergia-alan yleisestä kehittymisestä, onnettomuustapauksista.

Valvontatyössä esiintyy tilanteita, silloin tällöin jopa vaikeita, joissa esimerkiksi mitoituksen tai itse tuotteen hyväksytävyyttä ei voi suoraviivaisesti standardeihin, kriteereihin tms. perustuen ratkaista. Tällöin valvontaviranomainen tavallisesti joutuu turvautumaan asiantuntija-apuun ja tilanteesta riippuen kyseeseen voi tulla mittavakin tutkimus- ja selvitystyö. Tällaistenkin tutkimusten tarve kytkeytyy vahvasti ydinvoimalaitosten rakentamishjelmaan. Voitaneen todeta, että jokaisen ydinvoimalaitosyksikön toteuttamiseen niitä liittyy.

Uusien laitostyyppien hyväksyttävyyttä palvelevat, viranomaisen kannalta aiheelliset tutkimukset ja selvitykset voivat muotoutua kohtalaisen laajoiksikin laitostyyppistä riippuen. Tällöin tulevat kysymykseen

- toiminta-, luotettavuus-, häiriötilanne-, onnettomuus- ja reaktoridynaamiset analyysit
- erilaiset polttoaineanalyysit
- rakenneanalyysit
- rakenneainetutkimukset
- rakennustekniset erillisselvitykset.

Uuden laitostyyppin ollessa kyseessä tehtävien suoritukseen liittyy yleensä tietokoneohjelmien tai muun valmiuden kehittämistä ja kokeellisia tutkimuksia.

Valvontavalmiuden kehittämistä palvelevat tutkimukset ovat yleensä valvontaviranomaisen sisäistä, esimerkiksi pätevyystutkimuksina suoritettua, tutkimustoimintaa. Tällaisia tutkimuksia voi olla tarpeen teettää myös korkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa.

Lopuksi on syytä todeta, että esimerkiksi sekä viranomaiset että teollisuus tarvitsevat tehtävien ja henkilökuntarakenteen muutosten johdosta uutta, ydinenergia-alan eri alueilla kokemusta saanutta työvoimaa. Turvallisuustutkimuksen tulisi olla mitoitettu siten, että tällaista kokemusta syntyy korkeakoulujen antaman perusopetuksen täydennyksenä.

4. Pöätelmä

Turvallisuustutkimuksen näköalat Suomessa, ei varmaan pelkästään viranomaisen kannalta, ovat paljolti ydinvoimalaitosten rakentamishjelmiin sidottuja. Vaikkakin tällä hetkellä ollaan todennäköisesti tietynasteisen alan hiljaiselon kynnyksellä, on syytä jatkaa kansainvälisiin tutkimusprojekteihin osallistumista sekä omakohtaista tutkimus- ja kehitystyötä saavutetun valmiuden ajan tasalla pitämiseksi. Tähän kuuluu mm. laskentamallien parantamistoiminta ja valmiuden kehittäminen uusienkin tilanteiden käsittelyyn.

T. Eurola:

REACTOR SAFETY REGULATION AND SUPPORTING
R & D IN FINLAND

1. INTRODUCTION

Reactor safety regulation includes essentially four functions:

- setting of requirements (rulemaking)
- review and assessment
- inspection and enforcement
- supporting research and development

The research and development activities support the regulatory work in all of the first three areas, but a particularly strong contribution they have in support of the review and assessment functions.

The regulatory process in connection with nuclear power plants is presented in Figure 1. It contains the three first mentioned functions in all of its main phases. Preinspection is the word used for the review and assessment performed prior to the manufacture of a particular item. It involves review of the design information for various systems, structures and components, and assessment of their performance and conformance with the design bases.

2. LICENSING PROCEDURE AND ASSOCIATED ORGANIZATIONS

The licensing of nuclear installations in Finland is the responsibility of the Ministry of Trade and Industry. As regards the technical aspects of its task the Ministry relies mainly on a specialized regulatory body,^{x)} which is under the administrative control of the Ministry of Social Affairs and Health.

x)

the Institute of Radiation Protection (IRP)

Postadress

P.O. BOX 268
00101 HELSINKI 10
FINLAND

Telephone

659588

Telex

122691 STL - SF

The issuance of the permits and conditions attached to them are based on the statement by the IRP. The opinions of two commissions, the Atomic Energy Commission and the Consultative Commission for Radiological Protection are also taken into consideration. These commissions are in matters of safety of nuclear energy and nuclear materials assisted by a joint committee, the Nuclear Safety Advisory Committee. The IRP as well as the Commissions may use outside experts for consultation.

The general licensing procedure is shown in Figure 2. Presently, the final decisions on operating permits have been made by the Cabinet, whereby the Council on Energy Policy has also been consulted.

The general duties of the IRP involve the prevention of damage due to ionizing radiation, the supervision of the safety of nuclear installations, the control of nuclear materials and the conduct of research and development work in these fields. The above-referred technical aspects include the technical safety evaluation, the control of design and construction and the control of commissioning and operation of nuclear installations.

The control functions of the IRP include the inspection of the pressure vessels of nuclear installations according to the Decree on pressure vessels. The duty of the IRP is also to publish guides and contribute to the development of technical standards in its area of supervision. The IRP consists of a department of reactor safety, a research department, an inspection department for non-nuclear applications, a medical research group and an administrative unit. The organization of the department of reactor safety is presented in Figure 3.

3. RESEARCH AND DEVELOPMENT FROM THE POINT OF VIEW OF THE REGULATORY FUNCTIONS

3.1 Goals

As the most essential goals of reactor safety research could be set: increasing of knowledge and gaining of readiness for making plans and decisions concerning nuclear energy production and for carrying out the various tasks while implementing the plans.

In efforts of obtaining knowledge and readiness the minimum goal should be (the small country approach)

- to be able to evaluate research and analyses carried out and methods used therein
- to be able to use experts, and to communicate with them concerning various aspects involved in the specified task
- to be able to recondition the knowledge, methods and results obtained from elsewhere applicable to own needs

Selective participation in international research projects on nuclear safety is perhaps the most useful approach in reaching the goals. The readiness, naturally existing within our universities and research institutions, to carry out research in specified areas, and possibilities to develop such readiness, constitute a strong contribution to reaching the goals.

3.2 The needs of the regulatory body

The following are the most significant research and development areas serving directly the nuclear regulatory body in carrying out its duties:

- Research and development aiming at performing or letting perform independent functional, reliability, incident and accident analyses
- Research aiming at improving the knowledge in specific areas
- Studies of single problems, which come up in the course of the routine work
- Research serving evaluation work on new plant concepts.

Independent analyses

Independent functional, reliability, incident and accident analyses are normally performed by the regulatory body in the safety evaluation effort. These come into question particularly in reviewing the applications for various permits and in reviewing various design aspects during construction, to some degree also during operation of nuclear power plants. It has turned out that various operational incidents and accidents have tendency to stimulate additional research and analysis effort. As an example, the TMI-accident has led to further studies on small break accident situations.

Improving knowledge in specific areas

In this type of research and development effort three distinct approaches have been taken

- participation in the international research projects
- activities at domestic universities and research institutions
- research not belonging to the class of independent analyses ordered by the regulatory body.

For the first two there is normally a wider support than merely that of the regulatory body.

The participation in international projects has generally served creating such domestic abilities, that the need of resorting to foreign assessment services has remained notably small. It has also served such purposes as defining safety levels, and getting insight into safety margins, uncertainly factors and validity of safety criteria. The ability to judge the applicabilities of computer codes has improved.

As far as the activities at domestic universities and research institutions are concerned, the resources of a small country have to be carefully weighed and, consequently, a very selective course has to be followed. As an example, certain scaled down mock-up

studies can be well justified and contribute also in the international level.

The following specific research items ordered from the State Research Centre by the Institute of Radiation Protection exemplify the activities of the regulatory body:

- development and verification of dynamics models for PWR- and BWR-plants
- stress corrosion studies of stainless steels
- non-linear analysis of concrete structures of nuclear power plants
- research on steels used for tendons of containment structures
- studies of leak tightness of concrete.

The general experience has shown that there is a continuous need for this kind of research. The initiating impulses come e.g. from the need to better specify the requirement levels and from the general development of nuclear energy field.

Studies of single problems

There are occasionally situations in the regulatory work, where the decision concerning certain item cannot be based on standards, criteria etc. in any straightforward manner. Depending on the situation, the ensuing clarification work may even involve a considerable research effort, where normally outside experts are used.

Evaluation of new plant concepts

Research serving evaluation of new plant concepts may become quite extensive depending on the type of the plant. It may involve

- functional, reliability, incident and accident analyses and analyses on reactor dynamics
- various analyses on fuel design and performance as well as core performance

- structural analyses
- research on materials used in the design
- special studies concerning solutions used in building structures.

The studies on new plant types usually involve development of new computer codes or other tools of research, as well as experimental studies.

Other research aspects

Research and development work sometimes performed members by staff of the regulatory body aims at gaining additional competence in certain areas. The topics are generally chosen in such a way that they improve the readiness to perform the regulatory work.

Finally, a part of the research effort in various areas associated with the nuclear safety should be dimensioned in such a manner that it leaves possibilities for new people to be educated for the needs of industry and the regulatory work.

4. CONCLUDING REMARK

As the concluding remark one may rightfully state that the regulatory work, in all of its areas, draws heavily on the supporting research and development effort. It is important that this support is being kept alive and that it is continuously being reevaluated and renewed. This helps development of the regulatory work and brings stimulus to sound self-criticism.

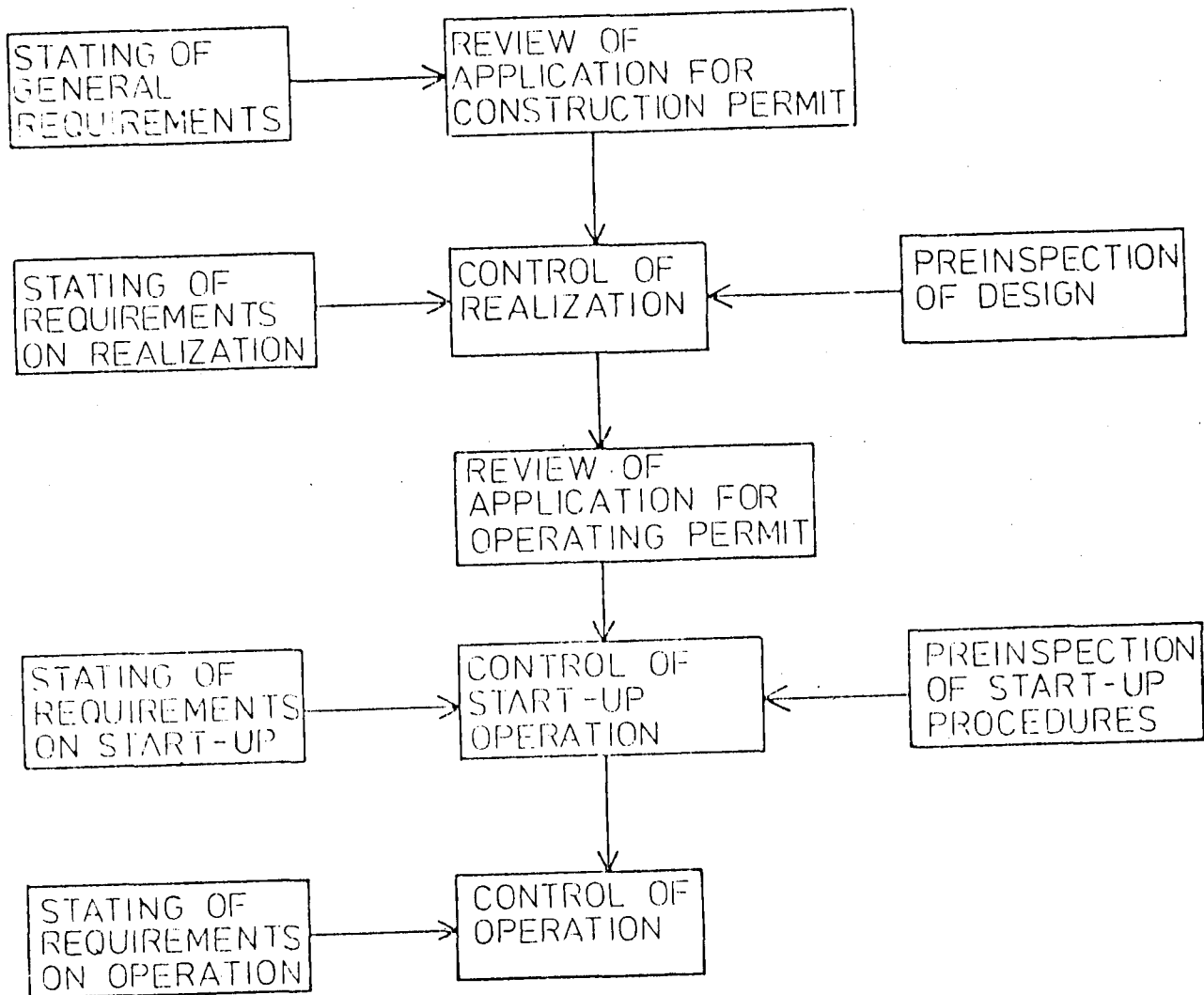
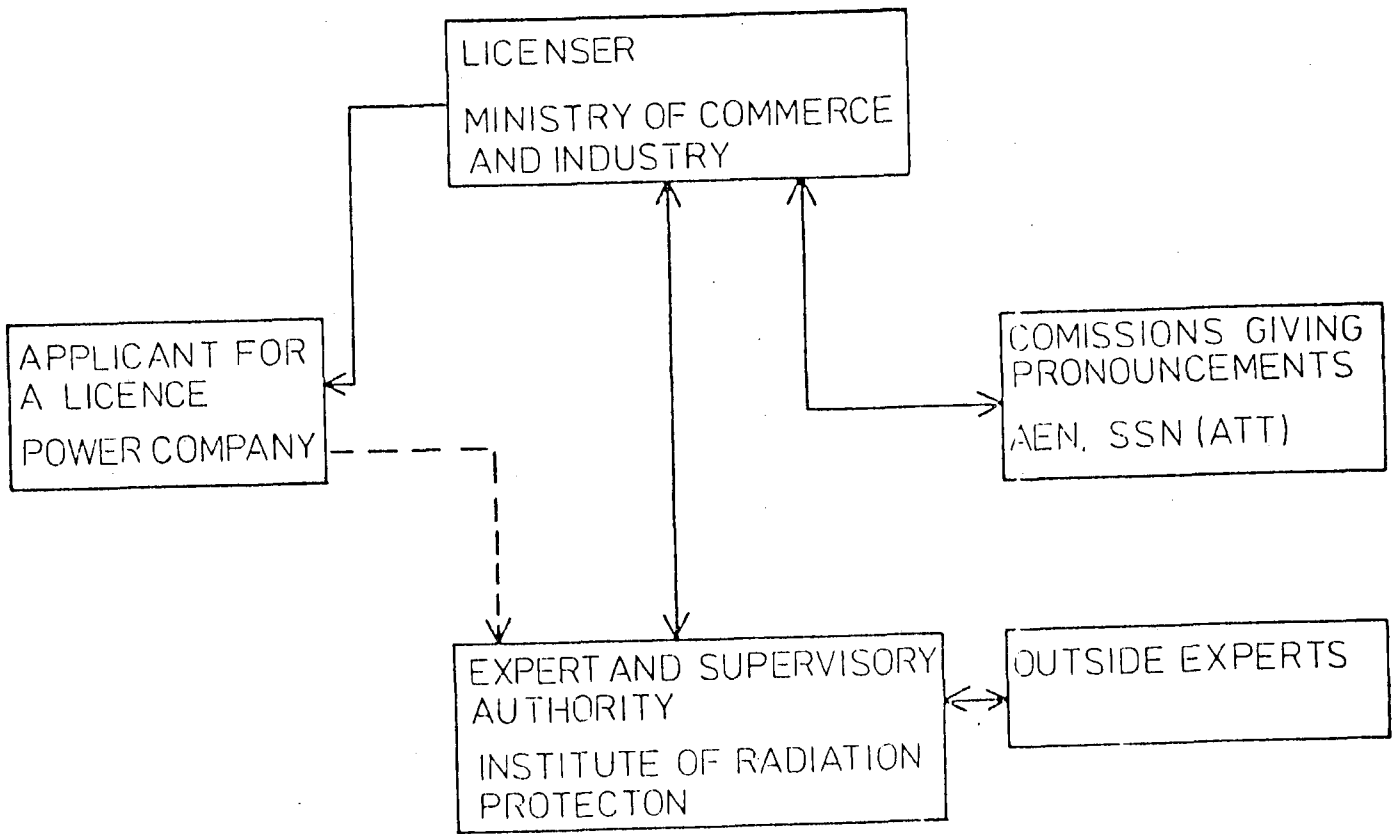


Figure 1

PRINCIPAL PHASES OF SAFETY CONTROL OF NUCLEAR POWER PLANTS



AEN = Atomic Energy Commission
 SSN = Consultative Commission for Radiological Protection
 ATT = Nuclear Safety Advisory Committee

Figure 2.

GENERAL ORGANIZATION DEALING WITH LICENSING IN CONNECTION WITH NUCLEAR ENERGY PRODUCTION

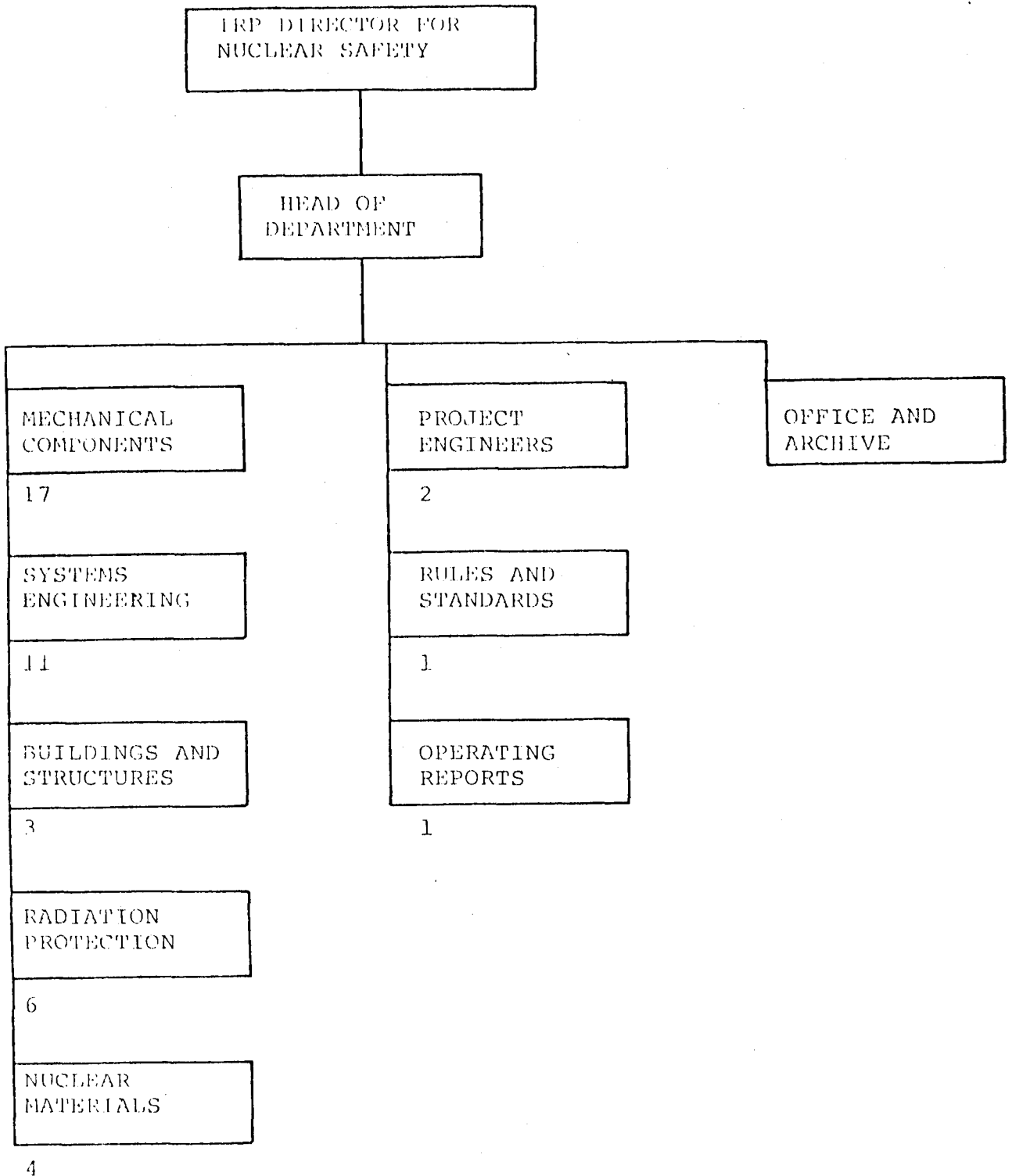


FIGURE 3. ORGANIZATION OF THE DEPARTMENT OF REACTOR SAFETY

REAKTORITURVALLISUUSTUTKIMUS USA:SSA TMI-ONNETTOMUUDEN JÄLKEEN

Suomessa vieraili 4.12.1979 lähinnä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) kutsumana korkean tason amerikkalainen reaktoriturvallisuustutkimuksen asiantuntijaryhmä. Ryhmä edusti Yhdysvaltojen ydinvalvontaviranomaisen (Nuclear Regulatory Commission, NRC) suurinta reaktoriturvallisuusprojektia LOFT (Loss of Fluid Test), jonka kokonaiskustannukset ovat tähän mennessä olleet n. 300 M\$.

Ryhmän jäsenet olivat:

- Dr. G.D. McPherson, LOFT-ohjelmajohtaja, NRC
NRC on LOFT-projektin päärahoittaja ja määrittelee sen tavoitteet.
- Mr. J.E. Solecki, LOFT-projektitoimiston päällikkö, Energia-ministeriö (DOE)
DOE omistaa Idahon tutkimuskeskuksen ja valvoo projektin toteutusta.
- Mr. L-P. Leach, LOFT-koeohjelmapäällikkö, EG & G Idaho
Eg & G Idaho on yksityinen yhtiö, joka on tehnyt sopimuksen DOE:n kanssa projektin toteuttamisesta käytännössä.

LOFT-projektissa suoritetaan kaupallisia ydinvoimalaitoksia realistisesti jäljittävällä 55 megawatin tehoisella painevesireaktorilaitoksella jäähdytysputkiston murtumia ja vuotoja vastaavia kokeita. Jäähdytteen menetyksestä johtuvat onnettomuudet ovat keskeisessä asemassa reaktoriturvallisuustutkimuksessa. Tämän vuoden keväällä tapahtuneen Harrisburgin onnettomuuden jälkeen on myös LOFT-ohjelmaan tehty suuria muutoksia siten, että lähiaikoina pääpaino on pienten murtumien kokeilla. Ensimmäiset pienen murtuman jäljittelykokeet LOFT-laitoksella on jo suoritettu. LOFT-projekti on kuvattu tarkemmin ATS Ydintekniikka -lehden numerossa 3/1979, s. 78-88.

Laaja kansainvälinen yhteistoiminta on luonteenomaista reaktoriturvallisuustutkimukselle. Erityisesti Suomen kaltaiselle pienelle maalle se on ainoa tapa varmistaa uusimman tiedon riittävän nopea ja kattava saanti. Kansainvälisiin tutkimusprojekteihin on mieluummin pyritty osallistumaan asettamalla henkilöstöä yhteisprojektien palvelukseen, suorittamalla osa projekteista Suomessa, vaihtamalla tutkimustuloksia tai toimittamalla osia koelaitteistoihin. Useasti on tehty yhteistyösopimuksia yhdessä muiden Pohjoismaiden kanssa. Näin on laita myös LOFT-projektin tapauksessa, johon USA:n lisäksi osallistuvat Japani, Saksan Liittotasavalta, Itävalta, Hollanti, Sveitsi ja neljän Pohjoismaan ryhmä. Viimeksimainitun muodostavat ko. maiden valtiolliset tutkimuslaitokset, Suomesta VTT. Pohjoismaista on LOFT-projektityöhön Idahon tutkimuskeskuksessa Yhdysvalloissa ollut jatkuvasti sijoitettuna 1...2 tutkijaa. Suomen osallistumisesta laajemmin mm. ATS Ydintekniikan numeroissa 3/1979, s. 69-95 (VTT) ja 1/1979, s. 54-69 (NEA).

Dr. G. Donald McPherson piti vierailun osana Atomienergianeuvottelukunnan ja ATS:n järjestämässä tilaisuudessa esitelmän TMI-onnettomuuden vaikutuksesta USA:n reaktoriturvallisuustutkimukseen yleensä ja LOFT-projektin ohjelmaan erityisesti. Oheisena julkaistaan McPhersonin esitelmästäan toimittama tiivistelmä. ATS järjesti samassa yhteydessä myös lehdistötilaisuuden, joka saavutti hyvän menestyksen.

REACTOR SAFETY RESEARCH IN THE USA AFTER TMI

NRC's Charter to do Research

As part of its charter involving the licensing of commercial power reactors, the U.S. Nuclear Regulatory Commission is responsible for the performance of research for the purpose of confirming various considerations used in their design. Prior to the TMI reactor accident last March, the focus of this research was the large loss-of-coolant accident, during which the worst single-failure in the Engineered Safety System must be assumed to occur simultaneously. Reasons for this originate in the 1972-1973 hearings on Emergency Core Cooling Systems and the "10CFR 50 Appendix K" rule which resulted. This rule placed considerable emphasis on safety during large pipe breaks and only slight attention was given to small breaks.

The TMI Accident

The events at TMI served to demonstrate that the NRC and the nuclear industry should have paid more attention to other matters. During that accident, machines, instruments and men failed. Features of the reactor design that had never come under close regulatory review because they were not regarded as "safety related" actually contributed to the accident. Control room instruments were inadequate in range, location and information measured. Operators made mistakes. Communication links failed to function, in part because the telephone system was jammed; in part, because individuals did not understand what they were supposed to report. The power company didn't inform the NRC, during the first day, of dangerously high temperatures, nor of a hydrogen explosion in the containment building. Worse still, it turned out that a warning provided by a similar initiating event at another plant earlier, had been ignored by the NRC.

Many of the specific deficiencies in plant design and operator procedures can be corrected relatively easily and some corrections have already been implemented. Reactor systems that were not reviewed

will be reviewed. New control room instruments and arrangements are being required. A stricter program for operator training and qualification is underway. NRC will require instruments to permit accurate measurements of offsite releases. Emergency planning for evacuation of those living near reactors will be required as a condition of reactor operation. Direct phone lines have already been installed between NRC and all reactors. A new NRC office has already been established to ensure that all operating experience and safety information is reviewed more closely and systematically.

NRC's Reactor Research Program

To describe the changes which have been made in NRC's reactor research program, it is best to refer to the attached figure which shows the relationship between the experimental and analytical components. The thermal-hydraulic and fuel experiments support the development of computer codes. The codes are assessed in terms of integral system behavior tests and then released for use by NRB, the Nuclear Reactor Regulatory office of NRC, and by the nuclear industry for purposes of licensing, assessing safety margins and improving operational safety. Changes have occurred in emphasis in the majority of the components of this program such that the various deficiencies which came to light after TMI are now being addressed. These changes can be categorized as

- (a) better understanding of transient and small LOCA accidents
- (b) enhanced operator capability
- (c) plant response under accident conditions
- (d) post-mortem examination and plant recovery
- (e) improved risk assessment
- (f) improved reactor safety.

Changes in the LOFT Research Program

The Loss-Of-Coolant Test, LOFT, is the most important single component in NRC's reactor research program. It is therefore of interest to

focus on this project, the results obtained to date and the changes in its program since TMI. LOFT is a small PWR scaled to model the behavior of commercial PWR's under loss-of-coolant and other anomalous transient conditions. The main goal of this project is to provide data under these conditions for the development and assessment of computer codes needed to describe behavior of large PWR's.

As in the case of the other NRC experimental facilities, prior to TMI the LOFT program focused on the large pipe break LOCA. From 1976 to 1978 a series of non-nuclear experiments provided important information on the behavior of systems intended to deliver emergency coolant to the reactor core during large pipe break accidents. Subsequently two large break tests were performed with the reactor generating nuclear power. The results of these tests, which will be discussed in greater length during the presentation, have been very important in assessing the LOCA computer codes and in providing an understanding of the phenomena which occur in commercial PWR's during large break LOCA's.

Originally it was intended that the large break LOCA series be completed, and then, in 1981, the program would perform, alternately one test from each of the other series planned. These include series of small breaks, intermediate sized breaks, large breaks with alternate ECCS, hot leg breaks, anomalous transients and large breaks with simultaneous steam generator tube ruptures. Following TMI, this plan was changed such that the large break series is now delayed for approximately one year, while we perform several small break and anomalous transient tests. In fact, two small break tests have already been performed and the results are now being used to assess the small break performance of commercial PWR's.

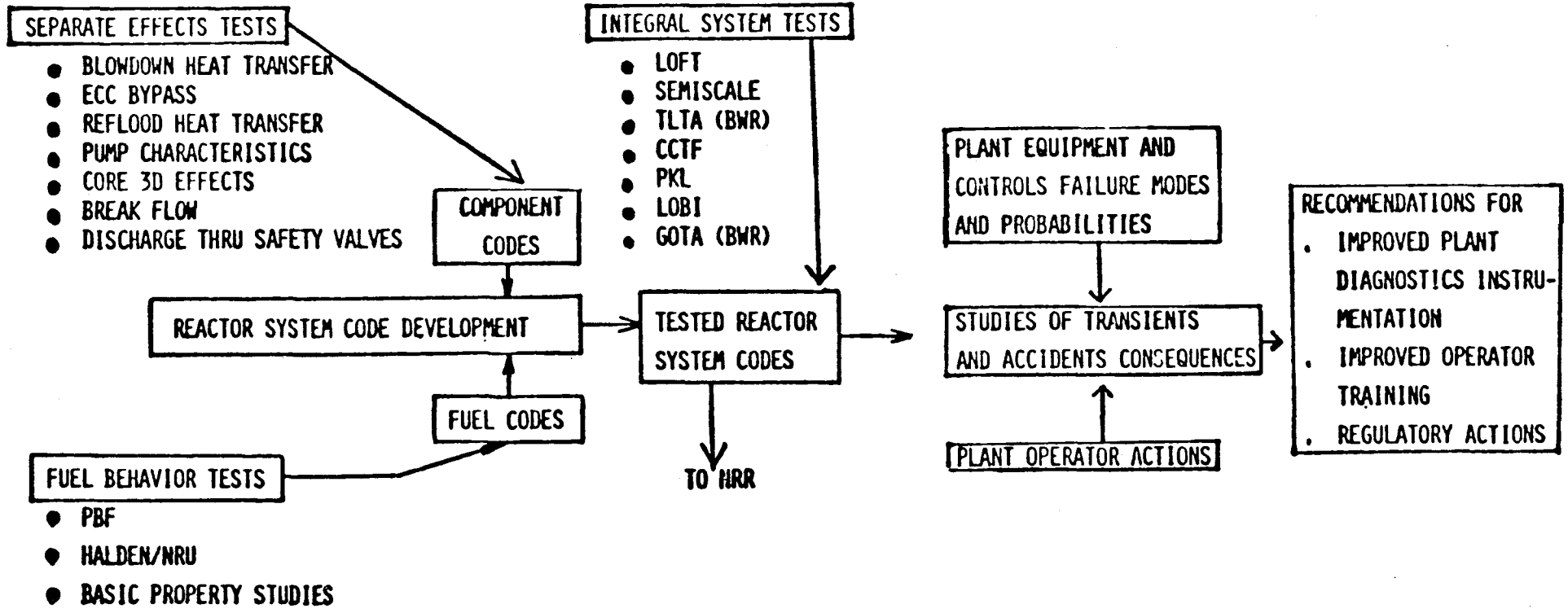
Other changes to the LOFT program include the addition of a fault-diagnostics computer to study the best way of analysing and presenting operational off-normal information to reactor operators so that they can quickly analyse a fault and take the best action to correct it. In addition special experimental instruments in the LOFT reactor

are being used to assess the need for extra or different instruments in commercial reactors. Also, the experience of operating LOFT through actual accident conditions is providing important suggestions for improvements in reactor design and control. Much of this new work is just beginning, but already many important ideas have resulted.

In the future the NRC sees this new LOFT program and the many new changes in the entire reactor research program as leading to significant improvements in safety to the operation of commercial power reactors.

RESEARCH PLAN FOR DEVELOPING LWR SAFETY
ANALYSIS METHODS AND THEIR APPLICATION

47



Paavo Holmström - Matti Mattila

TUTUSTUMINEN IZHORAN TEHTAISIIN 17.9.1979

Isäntinä:

- erik. laitteiden pääsuunnittelija Masljonok
- päämetallurgi Maksimov

Izhoran tehtaat on perustettu v. 1722 valtion laivanrakennus-tehtaaksi. Vähitellen siitä on kehittynyt yleistehdas = teräs-tehdas, valimo, takomo ja konepaja. Tehtaan nykyinen nimi on teollisuusyhtymä Izhorskin Tehtaat, omist. A.A. Zhdanoville. Henkilökuntaa on nykyään 28000, joista 5000 insinööriä tai tek-nikkaa.

Nykyinen tuotanto:

- metallurgia
 - paksut erikoislevyt
 - valut
 - takeet
- koneenrakennus
 - kaivinkoneet ja kalliolouhoskoneet
 - kemian koneenrakennuksen laitteet kuten paineastiat
 - ydinvoimalaitosten laitteet

Ydinvoimalaitoslaitteiden suunnitteluosaston vahvuus on n. 2500 henkeä. Lisäksi on tukena iso tutkimusosasto. Izhoran tehtaat on yhdessä tutkimusinstituuttien kanssa kehittänyt VVER-440:n päälaitteissa käytetyt materiaalit ja valmistusteknologian sekä osallistunut myös VVER-1000:ssa käytettyjen uusien materiaalien ja valmistusmenetelmien kehittämiseen.

Izhoran tehtaiden valmistusohjelma ydinvoimalaitoksia varten:

VVER-440 ja VVER-1000

- reaktoripaineastiat
- reaktorin sisäosat
- säätösauvat ja niiden koneistot
- paineastimet

- ioninvaihtosuotimet
- hätäjähdytystankit
- höyrykehittimien vaipat
- polttoaineen ja jätteen käsittelylaitteet
- pääkiertopumppujen pesät

Vuosina 1964 ... 1975 on Izhorasta toimitettu laitteet 8 kpl VVER-440-laitosta varten. VVER-1000:n laitteet on toimitettu Novo Voronesh 5:ä varten ja lisäksi valmistuksen eri vaiheissa on viiden VVER-1000:n laitteet. Reaktoripaineastian läpimenoajaksi valmistuksessa ilmoitettiin 3,5 vuotta.

RBMK-1000

- höyrynerottimet
- jakotukit
- putkisto-osat

Suunnitteilla on samoja laitteita RBMK-1500 ... 2400 laitoksia varten.

Myös neuvostoliittolaisiin breedereihin on Izhorassa valmistettu paineenalaisia järeitä komponentteja.

Työnjako Izhoran ja Atommashin kesken ei ole ainakaan vielä toteutunut. Molemmat valmistavat VVER-1000:n komponentteja. Myös VVER-440:n laitteiden valmistus jatkuu Izhorassa huolimatta siitä, että ne SEV:in työnjaon mukaan kuuluvat Tshekkoslovakian valmistusosuuteen. Höyrynerotinlieriöt ja muut RBMK:n paineenalaiset järeät osat tulisivat kertoman mukaan kuulumaan jatkossa Jugoslavian valmistusosuuteen.

Suunniteltu valmistuskapasiteetti tulee Izhoran tehtailla olemaan viiden reaktorin raskaat osat vuodessa. Viime vuoteen asti on vuodessa valmistunut vain yhden reaktorin osat, tänä vuonna tulee valmistumaan kahden reaktorin osat ja näin valmistuskapasiteettia on tarkoitus lisätä edelleen viiteen asti vuodessa.

Paksujen levyjen ja takeiden valmistuskapasiteetti Izhorassa ei tällä hetkellä riitä tyydyttämään Izhoran tehtaiden ja Atommaskin yhteistä tarvetta, vaan joudutaan näitä ostamaan ulkomailtakin. Levyjen ja takeiden valmistusosastojen laajennus on jo kuitenkin rakenteilla ja tulee valmistuttuaan poistamaan tämän pullonkaulan.

Tehdaskierron aikana käytiin takomossa, teräksen jälkisolatusosastolla sekä höyrynkehittimien vaippojen ja reaktoripaineastioiden hitsaustyötä suorittavilla osastoilla.

Järeimmässä takomohallissa valmistetaan mm. reaktoripaineastioiden ja höyrynkehittimien päätyjä 12000 Mp:n puristimella levyaihoista, jotka on suorana hitsattu yhteen vähintään kahdesta levystä. Samalla puristimella valmistetaan myös suuret rengastakeet kuten reaktoripaineastioiden vaipparenkaat sekä painetaan yhdeosan renkaisiin yhdeaukkojen kaulustukset. Samalla puristimella valmistetaan myös suuret akselit esim. turbogeneraattoreita varten sekä aihiot suurina petrokemian paineestioita varten. 12000 Mp:n puristimen pilariväli oli runsaat kuusi metriä. Nosturivarustus tässä hallissa käsitti 275 tonnin ja 250 tonnin nosturit pienempien lisäksi.

Pienemmässä takomohallissa nähtiin 3000 Mp:n takomapuristin, jota palveli hydraulinen taontamanipulaattori. Työn alla nähtiin runsaasti suuria, läpimitaltaan yli 300 mm:n akseleita. Suuria kuumennus- ja lämpökäsittelyuuneja, joissa oli vaunuarinat, oli kummassakin hallissa arviolta puolisen tusinaa. Uuneissa oli tekeillä runsaasti muurausten korjaustöitä.

Teräksen uudelleensulatuslaitoksella oli käytössä sekä sähkökuona uudelleensulatus että valokaarivakuukäsittely. Suurin aihio-
koko oli 60 tonnia. Rakenteilla on kuulemma ASEA:n vakuukäsittelylaitos aina 400 tonnin aihioille. Uudelleensulattamalla puhdistettua terästä käytetään reaktoripaineastiassa reaktorin sydämen kohdalle tulevaan osaan ja yhteisiin.

Hitsausosastolla on tarkastukseen käytettävissä lineaarikiihdytin, jota ei tosin käynnin aikana nähty.

Laadunvarmistuksen ilmoitettiin kaikkiaan tässä tuotannossa vaativan 18 % tuotteiden kokonaistytuntimäärästä.

Kierron aikana konepajalla nähtiin mm. VVER-reaktorien höyrykehittimien vaippojen liitoshitsausta jauhekaarimenetelmällä.

Reaktoripaineastioiden yhderenkaita vertaamalla nähtiin selvästi ero VVER-1000:ssa käytetyn yhteiden runsaasti ulospuristetun kaulustuksen ja VVER-440:ssa käytetyn vanhan rakenteen välillä.

Reaktoripaineastian kuperan päädyn hitsauksessa laippaan, joka VVER-440:ssa suoritettiin sähkökuonahitsauksena n. 30 mm:n ilmarakoon, oli VVER-1000:ssa siirrytty käyttämään jauhekaarihitsausta. Esilämmityslämpötila VVER-440:n materiaalilla 300 ... 400°C, uudella reaktoripaineestiamateriaalilla 150 ... 200°C.

Hitsausosastoilla oli valtaosa hitsauskääntöpöydistä, hitsaustorneista j.n.e. valmistetta Ransome Company. Hitsauskoneet olivat Esabin jauhekaariautomaatteja.

VVER-1000:n reaktoripaineastioihin nähtiin suoritettavan ruostumatonta päällehitsausta jauhekaarimenetelmällä 60 mm:n nauhallalla kahtena n. 4 mm:n kerroksena. Spesifikaation mukaan päällyste on 7 mm paksu. VVER-440:n reaktoripaineastiassa (Loviisa) on 9 mm:n päällyste hitsattuna kolmena kerroksena. Päällysteet oli koneistettu hitsauksen jälkeen. Päällehitsauksen aikana käytettiin nestekaasuesilämmitystä lieriön ulkopuolelta. Hitsaus tapahtui Esabin hitsauskoneella.

VVER-1000:n höyrykehittimien kokoojatukit tehdään hiiliteräksestä sisäpuolisesti ruostumattomalla teräksellä päällehitsaten VVER-440:ssa käytettyjen kokonaan ruostumattomasta teräksestä olevien kokoojatukkien asemesta. Nauhaleveys oli nähdyissä päällehitsatuissa kokoojalieriöissä kapeampi kuin reaktoripaineastioissa.

Kompound-levyjä käytetään (valssattuna) Izhoran tuotannossa hätäjähdytystankkeihin.

Räjäytyskompoundlevyjä ei Neuvostoliitossa vielä valmisteta teollisesti, vaikka kehitystyö onkin käynnissä.

Primääripiirin putkikäyriä hitsattiin yhteen kahdesta puolikkaasta, joissa saumat sijaitsivat sisä- ja ulkokehillä.

Osastolla nähtiin VVER-reaktorin pääkiertopumpun valettu, koneistamaton pesä.

Myös hitsausosastolla oli lämpökäsittelylaitteistoja, mm. useita suuria paineastialieriön sisään työnnettäviä kuumennuslaitteita ja n. 12 x 6 m väunuarinauuni.

Nähdyt osastot eivät varustukseltaan eivätkä siisteydeltään ja järjestykseltään jääneet mitenkään jälkeen esim. keskieuropplaisista vastaavista järeistä takomoista tai hitsaustyöpajoista. Vaikka varsinaisia uutuuksia ei nähtykään, vaikutelmaksi jäi laitteiden ja työmenetelmien tarkoituksenmukaisuus.

Ydinvoimalaitoksen primäärikomponenttien valmistukseen usein liittyvästä pyrkimyksestä tavanomaista tuotantoa suurempaan puhtauteen ei ollut merkkejä näkyvissä.

TUTUSTUMINEN ELEKTROSILAN TEHTAASEEN 18.9.79

1
Historiaa

Elektrosilan tehtaan historia alkaa vuodesta 1898. Tällöin Siemens Zuckert ja Halske perustivat silloiseen Pietariin pieniä konepajoja, joissa koottiin moottoreita ja generaattoreita Saksasta tuoduista osista. Toiminta jatkui tällaisena vuoteen 1918.

Vuonna 1922 alkoi Elektrosilan tehtaan toinen vaihe. Tämän perustana oli Leninin ensimmäinen sähköistysohjelma, jonka tavoitteena oli rakentaa kapasiteettia 1 500 000 kW 10 vuodessa. Tällöin sähköpajat yhdistettiin yhdeksi tehtaaksi, jolle annettiin nimeksi Elektrosila, Sähkövoima. Tästä alkoi voimakas kasvuvaihe.

Elektrosilan ensimmäinen generaattori valmistui vuonna 1924 ja oli teholtaan 500 kW. Vuonna 1927 valmistui 4 7000 kW:n generaattoria Volgovan vesivoimalaitokselle. Elektrosila toimitti puolet Volgovan generaattoreista ja ASEA loput. Vertailussa Elektrosilan generaattorit olivat yhtä hyviä ja parempiakin kuin ASEAn.

Vuonna 1938 otettiin käyttöön ensimmäinen kokonaan Neuvostoliitossa kehitetty 100 MW:n ilmajäähdytteinen generaattori. Tämä oli aikanaan maailman suurin turbogeneraattori.

Sodan jälkeen alkoi uudelleen voimakas kehitys ja generaattoreita valmistettiin sekä kotimaan tarpeisiin että vientiin.

2
Tuotannosta

Tällä hetkellä tehtaalla on kaksi pääsuuntaa: vesivoimalaitosten generaattorit sekä lämpövoimalaitosten generaattorit.

Lämpövoimalaitosten turbogeneraattoreiksi koot ovat 60, 120, 150, 200, 300, 500, 800, 1000 ja 1200 MW. Näistä 1000 MW:n generaattorin kierrosnopeus on 1500 r/min. 200, 500 ja 1000 MW:n generaattorit ovat ydinvoimalaitoskäyttöön.

Vesivoimalaitosten generaattorien koot vaihtelevat alueella 20 - 700 MW.

Elektrosilan generaattoreita on viety 83 maahan ja viennin osuus on n. 30 % tuotannosta.

Elektrosila on suurin Neuvostoliiton sähköteollisuuden tehtaista. Sen osuus Neuvostoliitossa asennetusta generaattoritehosta on n. 60 %.

Elektrosilan henkilökunta on n. 10 000 henkeä. Tämän lisäksi tieteellisessä tutkimuskeskuksessa toimii 2500 henkilöä.

Elektrosilan tehtaalla on laaja laboratorio, jossa voidaan koestaa täydellä kuormalla aina 1000 MW:n generaattoreita. Laboratorio maksoi 25 miljoonaa ruplaa. Laboratorion ansiosta Elektrosila on yhteistyössä mm. GE:n ja Toshiba'n kanssa.

Generaattoreiden lisäksi Elektrosila valmistaa erilaisia suuria vaihto- ja tasavirtakoneita, pienjännitteisiä laitteita sekä sähköfysikaalisia kojeita. Elektrosila valmistaa mm. fuusiotutkimuksessa käytettäviä TOKAMAK-laitteita.

Tuotannon ajantasalla pysymiseen on kiinnitetty paljon huomiota. Työstökoneet ovat viimeistä huutoa ja koestustulokset esim. käsitellään tietokonekeskuksessa.

3

Kehitysnäkymiä

Elektrosilassa on kokeiltavana 2 MW:n suprajohtava generaattori. Lisäksi valmistuksessa on 3 MW:n suprajohtava generaattori ja ensi vuonna on tarkoitus aloittaa 300 MW:n suprajohtavan generaattorin valmistus. Suurin etu, joka saavutetaan suprajohtaviin generaattoreihin siirryttäessä, on koon pieneneminen.

Generaattoreiden jäähdytys on hoidettu siten, että yli 150 MW:n generaattoreissa roottori ja staattorin teräkset jäähdytetään vedyllä ja staattorin käämit vedellä. Alle 150 MW:n generaattoreiden jäähdytys tapahtuu kokonaan vedyllä. Ensi vuonna on tarkoitus ottaa käyttöön, jo tehtaalla kokeiltu, 800 MW:n generaattori, joka on kokonaan jäähdytetty vedellä.

Ensimmäinen 1000 MW:n generaattori (1500 r/min) valmistuu v. 1979 aikana. 3000 r/min 1000 MW:n generaattorin prototyyppinä voidaan pitää konventionaalista 1200 MW:n generaattoria, joka on tarkoitus saada käyttöön ensi vuonna.

4

Tehdaskierros

Tehdaskierros oli lyhyehkö. Tutustumiskohteina olivat staattorien käämitysosasto, roottorien koneistus- ja kokoonpano-osasto sekä roottorien koestuslaite, jossa roottorin kestävyys normaali- sekä ylikierroksilla kokeillaan.

Tehtaalla oli useita erikokoisia generaattoreita eri valmistusvaiheissa ja Elektrosilassa ei ilmeisesti ole pahaa puutetta uusista tilauksista. Generaattoreiden toimitusaika tilauksesta on n. 9 kk.

Oppaina käynnillä toimivat:

-	Kurnakov	tehtaan varajohtaja
-	Vorontsov	pääkonstruktuurin sijainen
-	Sisov	ulkomaantoimitusten päällikkö

Timo Kervinen
Matti Vuorio

ATS:N VIERRAILU LENINGRADIN LÄMPÖVOIMAINSTITUUTISSA (LOTEP) 19.9.79

1. Yleistä

LOTEP:in vierailu muodostui anniltaan ohjelmassa jäljellä olevien Leningradin ydinvoimalaitoksen ja Narvan palavan kiven voimalaitoksen vierailujen valmennustilaisuudeksi. Keskusteluissa esiintulleet asiat käytiin lävitse varsinaisina vierailupäivinä yksityiskohtaisemmin.

LOTEP:in tehtävänä on huolehtia Neuvostoliiton luoteisosan ydin- ja lämpövoimalaitosten suunnittelusta. Lisäksi LOTEP:lle on annettu omia kehitysprojekteja sekä vientiin tarkoitettujen laitosten suunnittelutöitä. Tehtävänsä LOTEP hoitaa 1300 työntekijän turvin. Ydinvoimatekniikan parissa työskentelee näistä puolet. Vierailumme isäntinä oli LOTEP'in johtaja V.P. Zaitzev, lämpötekniikan päällikkö Dmitrij A. Giljov sekä ydinvoimapuolelta herrat Ju.N. Remzhin ja J.V. Kuhtevitsh.

2. Ydinvoimalaitokset

LOTEP on osallistunut Neuvostoliitossa Kuolanniemimaan, Leningradin ja Belojarsskin ydinvoimalaitosten rakentamiseen. Instituutin kehittelytyö on suuntautunut painevesi-, grafiittimoderoitujen sekä hyötöreaktorien kehittämiseen. Isäntien mukaan 1200 MW:n hyötöreaktorin tilanne on nykyisin se, että tiedemiehet häärivät vielä sen kimpussa. 600 MW:n ydinvoimalaitosprojekti on kokonaisuudessaan LOTEP'in vastuulla. Tässä projektissa ollaan Belojarsskissa käyttöönottovaiheessa, mutta mitään kokeita ei vielä ole tehty.

Ulkomaisista projekteista LOTEP on ollut mukana Kuubassa, Tšekkoslovakiassa, Suomessa sekä nyt Libyassa. Libyan projektissa maaperätutkimuksista on tehty sopimus. Uusia projekteja ei tällä hetkellä ole tiedossa.

2.1 Kuolan ydinvoimalaitos

Kuolan laitos on kokonaisuudessaan LOTEP'in suunnittelema. Laitos koostuu kahdesta 440 MW:n reaktorista. Laitoksella on käytössä 220 MW:n turbiinit. Laitos on Novovoroneshin laitoksen kaltainen ja on valmistunut ennen Loviisan laitosta. Tällä hetkellä se on teknillisiltä ratkaisuiltaan jo osin vanhentunut. Laitoksen turvajärjestelmissä ei ole huomioitu suuren LOCA:n mahdollisuutta eikä siellä myöskään ole kontainmenttia. Päästöjen paikallistaminen tapahtuu kaasutiiviissä kammioissa. Laitos on toiminut hyvin. Sillä ajetaan jatkuvasti 100 % kuormaa, eikä putkirikkoja ole sattunut. Lauhdelämpöä Kuolassa käytetään laitosalueella sekä kalatehtaalla. Laitoksen tuottama sähköenergia on hiukan halvempaa kuin lämpövoimalaitoksen tuottama energia. Tämä johtuu lähinnä fossiilisten polttoaineiden pitkistä kuljetusetäisyyksistä Kuolan niemimaalle. Laitosta on tarkoitus laajentaa käsittämään vielä kaksi reaktoria lisää.

2.2 Leningradin ydinvoimalaitos

Leningradin ydinvoimalaitos rakennetaan 4 blokkiseksi, kukin blokki tuottaa 1000 MW sähkötehoa kahdella 500 MW:n turbii-
nilla. Tällä hetkellä on käytössä 2 blokkia ja kolmas tuli kriittiseksi 18.9.79. Reaktorit ovat grafiittimoderoituja kanavareaktoreita ja juuri tämä 1000 MW:n reaktori on pienin tämäntyyppinen kannattava reaktori, jos verrataan PWR:ään. Polttoaineena reaktorissa on uraanidioksidi Zircalloykuoren ympäröimänä. Rikastusaste on 1.8 % mutta aiotaan nostaa 2 %:iin. Polttoainesauvat on sijoitettu Zircalloysta valmistettuihin pieniin kanaviin, kanavat sijaitsevat grafiittiblokeissa.

Jäähdytysvesi kulkee kanavien lävitse jäähdyttäen sekä sauvat että välillisesti grafiitin. Reaktorista jäähdyte menee vedeneroittimeen ja erottimesta edelleen turbiiniin. Turbiinit ovat 3000 r/min nopeudella pyöriviä 500 MW:n turbiineja. Korkeapaineosa turbiineissa on keskellä. Sen kummallakin puolella on kaksi matalapaineturbiinia. Tällä järjestelyllä on 80 m pitkän turbiinin akselin lämpölaajeneminen on saatu kompensoitua. Turbiinien jälkeen höyry johdetaan merivedellä jäähdytettäviin lauhduttimiin ja sieltä uudelleen kiertoon. Kaikki laitteet ovat kaasutiiviissä kammioissa, ainoastaan turbiinien sylinterit ovat näkyvissä.

Leningradin laitokset on suunniteltu 6500 h vuosikäyttöön. Tämän tavoitteen laitokset ovat saavuttaneet hyvin. Käyttökerroin lähentelee talvikautena 100 % mutta on keskimäärin 73 %. Kaikki ovat laitokseen erittäin tyytyväisiä. Se on myös rakenteeltaan turvallinen suurten vuotojen suhteen. Lisäksi polttoaineen vaihtoa suoritetaan päivittäin ajon aikana. Tästä huolimatta nämä ovat viimeisiä 1000 MW:n grafiittimoderoituja reaktoreita, sillä 1000 MW:n PWR varustettuna teräsbetonisuojakuorella on hiukan halvempi ja lisäksi 1000 MW:n grafiittimoderaattorilla tuotettu kWh maksaa suunnitteen saman verran kuin lämpövoimalaitoksella tuotettu kWh. Suuremmissa grafiittimoderoituissa reaktoreissa tuotettu sähkö on isäntien mielestä edullisempaa. Siten 1500 MW kanavareaktorin katsottiin vastaavan taloudellisuudeltaan 1000 MW:n PWR:ää.

3. Pribaltiskajan lämpövoimalaitos

Pribaltiskajan lämpövoimalaitos sijaitsee Eestissä, noin 5 km päässä Narvasta. Laitoksen erikoisuutena on polttoaineena toimiva palava öljykivi. Laitos koostuu useista eri kattilalaitoksista, jotka on 18 kattilan osalta yhdistetty

toisiinsa poikittaisin putkilinjoin. Kokonaissähköteho on 1624 MW. Ensimmäiset yksiköt ovat valmistuneet 50-luvun lopussa ja viimeiset 60-luvun alussa. Laitos huolehtii sähkönkehityksen lisäksi myös Narvan kaupungin lämpöhuollosta. Toinen samanlainen laitos sijaitsee runsaat 20 km Narvan eteläpuolella.

Öllykiven lämpöarvo on vain noin 2000-2200 kcal/kg. Laitos kuluttaa 10 milj.t/vuosi polttoainetta eli 410 g/kWh. Polttoaineen polttamista vaikeuttaa tuhkan suuri määrä öljykivessä; 40-45 % tuhkaa kuivassa polttoaineessa ja 50 % tuhkaa kosteassa polttoaineessa. Pölymäinen polttoaine aiheuttaa räjähdyksiä kuljetuslinjassa vasaramyllyjen jälkeen sekä myös itse kattilassa. Öljykiveä poltettaessa ainoastaan sytytyksessä käytetään lisäpolttoaineita. Tuhkan poisto tapahtuu hydraulisella, suljetulla järjestelmällä, (vesikuljetus), jolloin tuhka menee kaatopaikalle. Jos tuhkaa tarvitaan rakennusteollisuuden tai maanviljelyksen tarpeisiin, tuhkan kuljetus tapahtuu paineilmalla. Laitoksella on 2 milj. tonnin tuhkarastot. Savukaasujen tuhkanpoistossa viimeisessä vaiheessa käytetään sähkösuotimia, joiden jälkeen 98 % savukaasuissa olevasta tuhkasta on saatu poistettua.

Laitokselle polttoaine tulee nykyisin noin 50 km etäisyydeltä rautateitse. Pisin kannattava kuljetusetäisyys on noin 150 km. Tässä esiintymässä, joka ulottuu Narvasta Leningradin lähistölle, riittää polttoainetta laitokselle 50 vuodeksi. Kattiloihin polttoaine siirretään kahta kuljetuslinjaa pitkin. Kuljetuskapasiteetti molemmissa linjoissa on 1500 t/h. Laitosten automaatioastetta ja kattiloiden käyttövarmuutta kuvaa tapaus, jolloin öljykivivaunujen joukkoon eksyneiden sepelivaunujen purkamat sepelit kulkivat linjan lävitse kenenkään huomaamatta.

Tulevaisuudessa on tarkoitus käyttää palavaa kiveä enenevässä määrin myös kemiallisen teollisuuden raaka-aineena erottamalla kivistä orgaaninen osa.

LENINGRADIN YDINVOIMALAITOS 20.9.1979

Leningradin ydinvoimalaitos sijaitsee Suomenlahden etelärannalla n. 2.5 h bussimatkan päässä Leningradin kaupungista. Laitos koostuu neljästä yksiköstä, joista ensimmäinen käynnistettiin joulukuussa 1973 ja toinen heinäkuussa 1975. Kolmas yksikkö oli ensi kertaa kriittinen 18.9.1979 ja neljäs on vielä rakenteilla.

Vierailun aluksi isännät, laitoksen johtaja N.F.Lukonin ja pääinsinööri A.P. Jeperin kertoivat ensin laitoksen rakentamiseen ja käyttöön liittyviä yleistietoja ja siirtyivät sitten päävirtauskaavion viereen esitellen laitoksen rakennetta ja ominaisuuksia yksityiskohtaisemmin, jonka jälkeen he vastasivat niihin kysymyksiin, joita tässä vaiheessa esitettiin. Tämän tilaisuuden jälkeen seuranneen laitospöytäkirjan aikana tutustuttiin reaktori- ja turpiinihalleihin sekä päävalvomoon. Tutustumiskäynnin loppuaika oli varattu keskustelua ja kysymyksiä varten.

1. Laitoksen rakenne

Kuhunkin yksikköön kuuluu ns. PEM-K reaktori (kuva 1), joka on putkityyppinen heterogeeninen uraanigrafiittireaktori. Reaktorissa muodostunut höyry johdetaan ilman välipiirejä turpiiniin. Reaktorin terminen teho on 3140 MW ja sähköteho 1000 MW.

Reaktorin sydän on koottu pystysuorista grafiittilohkoista, joissa jokaisessa on reikä prosessi- tai erikoiskanavaa varten. Sydäntä ympäröi teräksinen suojakuori. Grafiitin oksidoitumisen estämiseksi ja jäähdytyksen tehostamiseksi kierrätetään sydämessä helium-typpi seosta (He: 92-93 %). He -vuotojen rajoittamiseksi on sylinterin muotoista sydäntä ympäröivät tilat täytetty typellä, jonka paine on He-N₂-seoksen painetta suurempi.

Kaikki tämä on sijoitettu betonikuiluun, jonka poikkileikkauksen mitat ovat 21.6 m x 21.6 m ja korkeus 25 m.

Reaktorin sydämen kohdalla on grafiittilohkoissa olevat prosessikanavat valmistettu ulkohalkaisijaltaan 88 mm ja seinämäpaksuudeltaan 4 mm putkesta, materiaali Zirkonium -seosta. Kanavan ylä- ja alapää on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Zirkoniumputki on liitetty ylä- ja alaosiin hitsaamalla. Prosessikanavia on kaikkiaan 1693 kpl ja niiden sisällä ovat polttoaine-elementit.

Prosessikanavien yläosa on liitetty hitsaamalla sydämen yläpuolella olevaan metallirakenteeseen. Alaosassa on prosessikanavan ja alemman metallirakenteen välissä kompensattori, joka tasaa lämpölaajenemisen vaikutukset taaten reaktorin tiiveyden.

Prosessikanavissa on päällekkäin kaksi 3,5 m mittaista polttoaine-elementtiä. Elementti muodostuu 18 polttoainesauvasta. Näiden halkaisijaltaan 13.6 mm Zirkonium-putkien sisällä ovat polttoaineena käytetyt UO_2 -tabletit. Tuoreen polttoaineen rikastusaste on 1.8 %. Reaktorissa on polttoainetta kaikkiaan 204 t. Poistettavan polttoaineen palamaksi on määritetty 18.5 MWd/kgU.

Reaktorissa vapautunut lämpö poistetaan kahden erillisen pääkiertopiirin kautta (kuva 2). Piirit laitteineen sijaitsevat symmetrisesti reaktorin molemmiin puolin. Kummassakin piirissä on 4 pääkiertopumppua, joista 3 on toiminnassa ja 1 varalla. Jokaisen pumpun kapasiteetti on $8000 \text{ m}^3/\text{h}$. Pääkiertopumpuista vesi (270°C , 7 MPa) johdetaan kokoajien ja säätöventtiilien kautta prosessikanavien alapäähän. Virratessaan ylöspäin kanavassa vesi jäädyttää polttoaine-elementin sekä poistaa lämmön grafiitista. Prosessikanavassa vesi muuttuu vesi-vesihöyryseokseksi, joka johdetaan edelleen rumpuseparaattoreihin.

Rumpuseparaattorissa (2 kpl/pääkiertopiiri) höyrystä erotetaan vesi, joka palautetaan takaisin jäähdytekiertoon. Höyry (284 °C) puolestaan johdetaan turpiinin korkeapainesylinteriin ja edelleen välitulistinten kautta 4 matalapainesylinteriin. Turpiineja on 2 kpl, niiden pyörimisnopeus on 3000 rpm. Turpiinin jälkeen höyry lauhdutetaan merivesilauhduttimissa. Lauhde puhdistetaan ioninvaihtimissa, esilämmitetään ja johdetaan lauhde- ja syöttövesipumppujen avulla rumpuseparaattoreihin ja takaisin kiertoon.

Reaktorin säätö- ja turvajärjestelmä säätää tehon automaattisesti halutulle tasolle ja tasoittaa neutronivuon reaktorin radiaalisuunnassa. Järjestelmä hoitaa automaattisesti myös reaktorin tehon pudotuksen odottamattomissa tilanteissa. Tämä tapahtuu absorptiosauvoilla, jotka sijaitsevat grafiittilohkojen erikoiskanavissa (179 kpl).

Teknologisen valvontajärjestelmän avulla käyttäjä saa informaatiota reaktorin tilasta, kuten veden virtauksesta prosessi- ja erikoiskanavissa, jäähdytteen lämpötilasta sekä polttoaine-elementin eheydestä.

Ydinvoimalaitoksen yksiköt on sijoitettu pareittain siten, että kahdella yksiköllä on yhteinen turpiinisali. Tämän päärakennuksen lisäksi rakennuskompleksiin kuuluvat pumppuasema, veden puhdistamo, kytkinkenttä, dieselrakennus, typpiasema ja jäterakennus.

Leningradin ydinvoimalaitoksen laitteiden suunnittelu, valmistus ja asennus on tapahtunut neuvostoliittolaisin voimin. Kokemusten mukaan laitteet ovat toimineet varsin hyvin - v. 1978 tuotti Leningradin ydinvoimalaitos sähköä 12.8 TWh eli käyttökerroin oli ~ 73 %.

2. Laitoskierros

Päävalvomossa kiinnitti huomiota suurikokoinen sydänsuureiden näyttöyksikkö ja säätösauvojen asennonosoitukset, jotka sijait-

sivat ohjauspulpettien takana olevalla seinällä. Muita osoit-
tavia mittareita ja näyttöjä oli niukanlaisesti. Valvomossa
oli lisäksi signaalikirjoitin. Seuratessamme operaattoreiden
työskentelyä isännät kertoivat heidän koulutuksestaan. Alus-
tavan koulutuksen, tentit, harjoittelun ja uusintatentit suo-
ritettuaan operaattori pääsee ohjaamaan laitosta. Tietojen ja
taitojen taso punnitaan tämän jälkeen vuosittaisissa tenteissä.
Jos operaattori on ollut poissa valvomotyöskentelystä yli
kaksi viikkoa, hänen tulee tutustua tarkasti laitokseen ja
suorittaa suullinen kuulustelu. Reaktoriohjaajien ja lataus-
koneenkäyttäjien terveydentila tutkitaan päivittäin.

Reaktorihalli oli yllättävän suuri. Reaktorikanavien jatkeet
ulottuivat hallin lattiatasoon saakka muodostaen suuren ympy-
rännuotoisen teräslaatoilla katetun alueen. Hallin toisessa
päässä sijaitsivat altaat käytettyä polttoainetta varten. Hal-
lin yhdessä nurkassa oli 400 tonnia painava tornimainen lataus-
kone. Puolet painosta on säteilysuojia. Polttoainetta vaihde-
taan reaktorin käydessä; 2-3 nippua vuorokaudessa. Tuore polt-
toaine siirretään nosturilla hallin lattiassa olevaan "pesään".
Latauskone ottaa sen yhteen positioonsa, siirtyy vaihdettavan
nipun kohdalle, muodostaa painetiiviin yhteyden kanavan kanssa,
ottaa käytetyn elementin toiseen positioonsa, kääntää "revol-
verinsa" ja laskee tuoreen nipun kanavaan. Vaihto-operaation
aikana latauskoneen sisällä vallitsee reaktoripainetta suurempi
paine. Latauskone toimii kauko-ohjauksella eikä vaihtolatauksen
aikana hallissa ole ketään, mutta tarpeen vaatiessa tämä on
säteilutasojen puolesta mahdollista. Vuorokaudessa pystytään
vaihtamaan 8-10 nippua.

Laitoskierroksen lopuksi kävimme kahdelle yksikölle yhteisessä
400 m pitkässä turpiinihallissa, jossa oli neljä turbogeneraat-
toria, kukin teholtaan 500 MW. Muuta nähtävää ei hallin kone-
tasolla juuri ollutkaan.

3. Keskustelut

Vierailun yhteydessä esitimme isännillemme runsaasti mm. laitoksen ominaisuuksia, käyttökokemuksia ja turvallisuutta koskevia kysymyksiä.

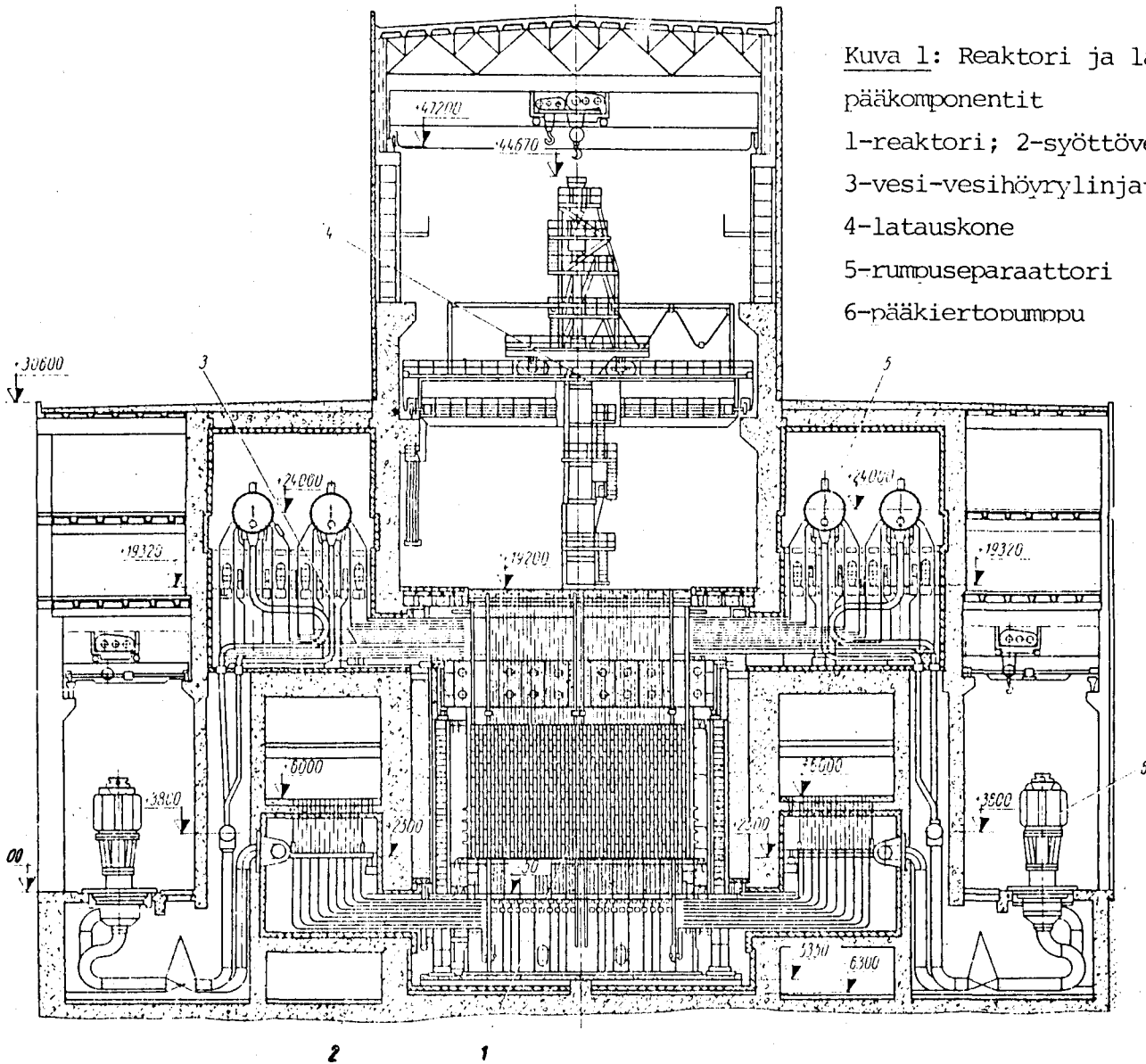
Kysyttävää olisi varmasti riittänyt enemmänkin, mutta tarkoitukseen varattu aika asetti omat rajoituksensa. Seuraavassa lyhyitä poimintoja muutamasta käsitellystä aiheesta:

Merivesijäähdytteiset lämmönvaihtimet ovat aiheuttaneet ongelmia myös Leningradin ydinvoimalaitoksella. Lauhduttimen putki-levyt ja jäähdytysjärjestelmän putket on jouduttu päällystämään uudelleen. Muiden lämmönvaihtimien materiaaleissa on siirrytty ruostumattomaan teräkseen ja erikoislejeerinkeihin.

Suunnitteilla olevissa 1500 MW:n yksiköissä reaktorin mitat ovat samat kuin nykyisissä 1000 MW:n yksiköissä. Lisäteho saadaan parantamalla polttoaine-elementtien lämmönsiirto-ominaisuuksia.

Polttoainevuotoja ei isäntien kertoman mukaan ole esiintynyt. Mikäli jokin sauva vuotaa, voidaan viallinen elementti vaihtaa välittömästi reaktorin ollessa käynnissä.

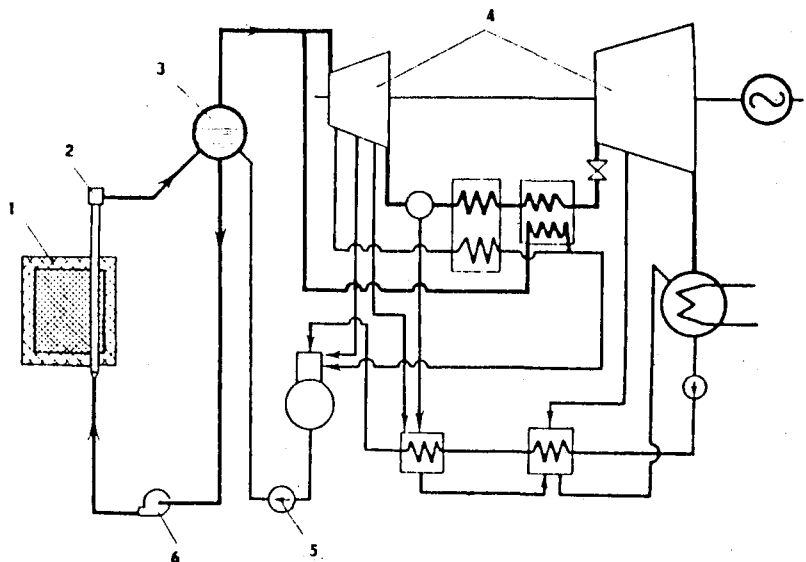
Kiinteät keski- ja matala-aktiiviset jätteet betonoidaan ja nestemäiset jätteet tullaan tulevaisuudessa kiinteyttämään ja bitumoimaan. Jätteiden pitkäaikaisvarastot ovat laitoksen läheisyydessä.



Kuva 1: Reaktori ja laitoksen
pääkomponentit
1-reaktori; 2-syöttövesilinjat
3-vesi-vesihöyrylinjat
4-latauskone
5-rumpuseparaattori
6-pääkiertopumppu

Kuva 2. Reaktorin ja turbiinin
kiertopiirit

- 1-reaktori; 2-prosessikanava
- 3-rumpuseparaattori
- 4-höyryturbiini
- 5-syöttövesipumppu
- 6-pääkiertopumppu



PALAVA KIVI JA PRIBALTISKAJAN PALAVAA KIVEÄ KÄYTTÄVÄ VOIMALAITOS EESTISSÄ

Tiivistelmä

Pribaltiskajan voimalaitos sijaitsee Eestissä noin 5 km Narvan kaupungista. Laitos, jonka yhteisteho on 1 624 MW (sähkö), on liitetty NL:n luoteisverkkoon, joka syöttää sähköä Baltian maihin, Valko-Venäjälle ja Leningradin alueelle. Pribaltiskajan voimalaitoksella käytetään polttoaineena öljyliusketta eli öljykiveä eli palavaa kiveä (engl. oil shales, venäj. горючий (битуминозный) сланец) ja laitos on maailman suurin tällainen laitos. Laitos käsittää 26 höyrykattilaa, 8 x 100 MW ja 4 x 200 MW lauhdutusturbiinia sekä 2 x 12 MW vastapaineturbiinia. Laitos huolehtii sähköntuotannon lisäksi myös kaukolämmityksestä Narvan kaupungissa. Voimalaitoksen 1. yksikkö käynnistyi joulukuussa 1959 ja viimeinen yksikkö joulukuussa 1965.

Yleistä

Jo ennen toisen maailmansodan syttymistä v. 1939 oli palavakiviteollisuus eräs Eestin tärkeimpiä teollisuusaloja. Raakaa palavaa kiveä käytettiin jalostamattomanakin lämmitysaineena kivihiilen ja puun asemasta. Polttoaineena sitä käytettiin pääasiassa tehtaissa ja rautateillä. Palavan kiven raaka-öljystä (sen öljypitoisuus on 20 - 25 %) saatiin tislaamalla ja jalostamalla bensiiniä, petroolia, voiteluöljyjä, moottorinaftaa, asfalttilakkaa ym., jotka kaikki muodostivat tärkeän osuutensa Eestin ulkomaanviennissä. Palavakiviteollisuuden palveluksessa työskenteli v. 1939 yli 6 000 henkilöä.

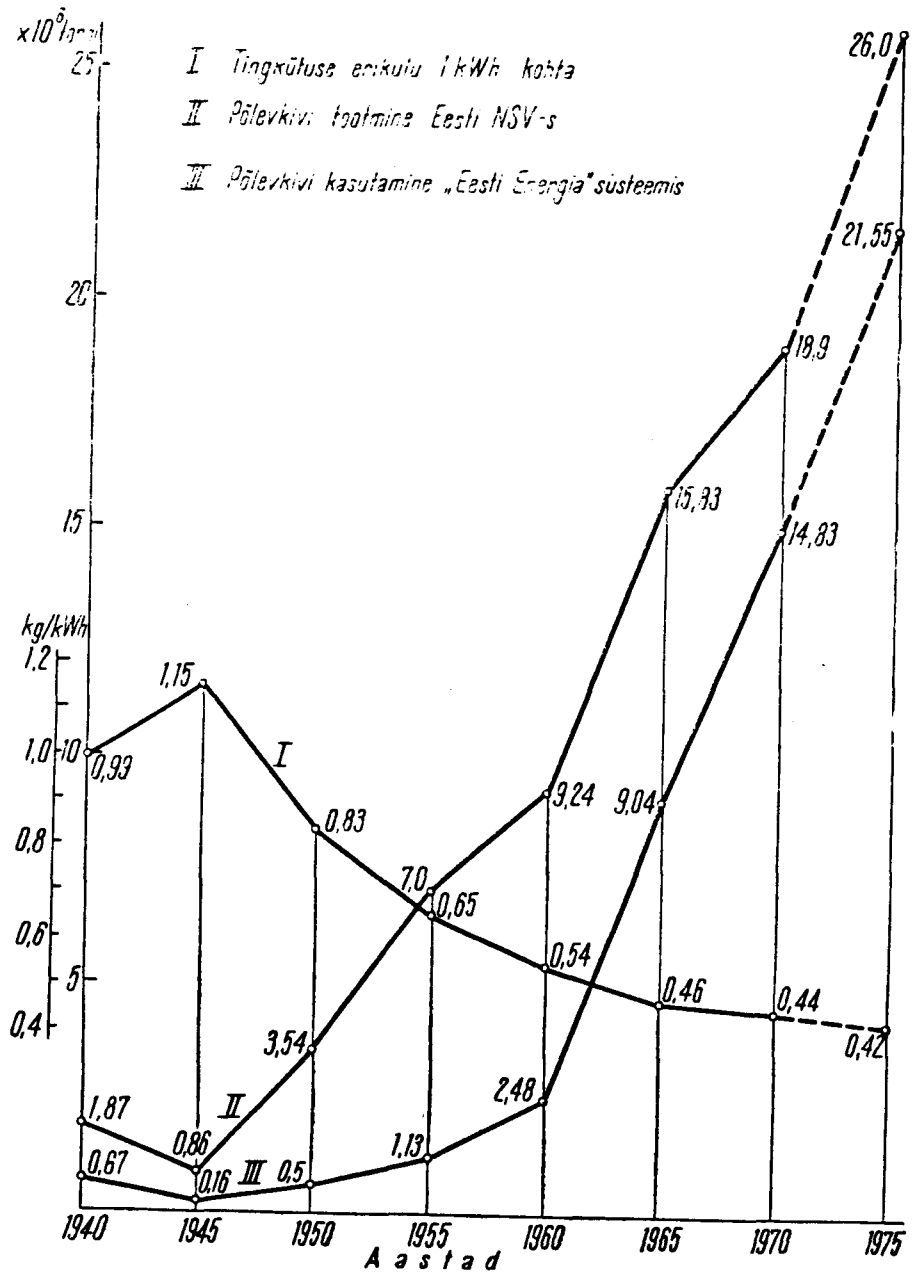
Palavan kiven käyttö alkoi laajempaan v. 1916 ja v. 1918 heinäkuussa tehtiin Pietarissa päätös palavan kiven käytön aloittamisesta teollisuudessa. Suurimmat palavan kiven esiintymät olivat v. 1919 Kohtla-järvellä, Kukrusella ja Kiviöllissä, joissa v. 1919 tuotanto oli yhteensä 9 600 t ja v. 1922 142 000 t. Vuoteen 1938 mennessä oli palavaa kiveä tuotettu 5 milj. tonnia.

Palavan kiven on vuonna 1975 arvioitu riittävän 100...150 vuodeksi, mutta vuoden 1979 arvioiden mukaan palavaa kiveä riittäisi nykyisellä kulutuksella vain noin 50 vuodeksi tällä esiintymisalueella. Palavaa kiveä esiintyy eri puolilla maailmaa, joskin yleensä niin pieninä määrinä, ettei sitä kannata louhia. Neuvostoliitossa palavaa kiveä on runsaiten Ukrainassa ja Narvan-Leningradin alueella.

Palavan kiven tuotanto ja käyttö ilmenee kuvasta 1 ja esiintymisalue Eestissä ilmenee kuvasta 2.

Kuva 1

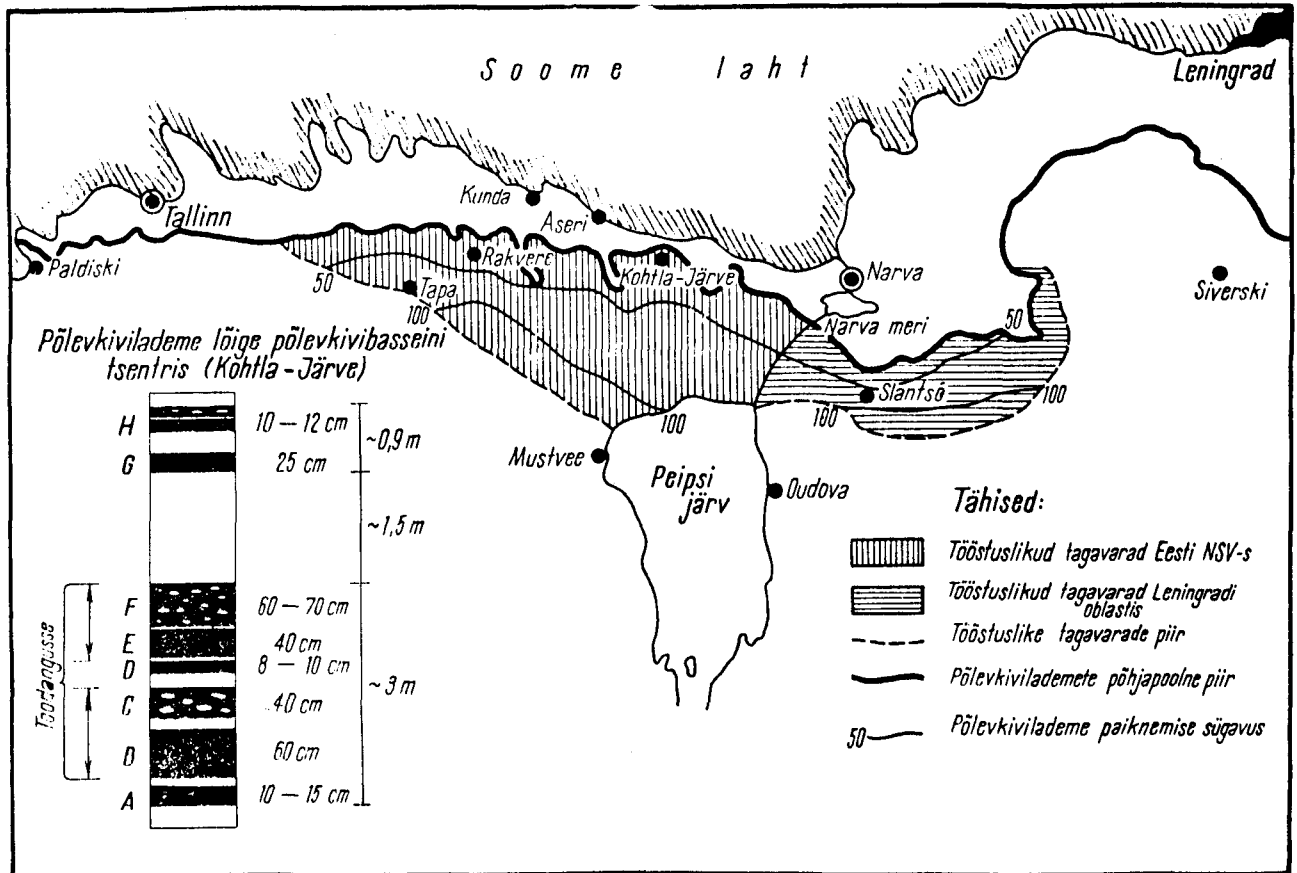
Palavan kiven tuotannon kasvu ja käyttö energian tuottoon Eestin neuvostotasavallassa.



Põlevkivi tootmise kasvu ja energeetikas kasutamise dünaamika Eesti NSV-s

Kuva 2

Palavan kiven esiintymisalue Eestin neuvostotasavallassa ja Leningradin läänissä.



Põlevkivi tööstuslike tagavarade paiknemine Eesti NSV-s ja Leningradi oblastis

Palavan kiven koostumus

Palava kivi, joka on liuskekiveä, sisältää 20...25 % raakaöljyä, 1,2...1,3 rikkiä ja 40...50 % tuhkaa. Tuhkasta on suurin osa CaO:ta (n. 50 %) ja SiO₂:ta (30...40 %). Taulukko esittää sykloonista ja sähkösuotimista saadun tuhkan koostumuksen

Taulukko

Palavan kiven lentotuhkan kemiallinen koostumus.

Tuha liik	Komponendid							
	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃	CaO (vaba)
Tsükloni tuhk	39,0	4,5	31,0	7,4	5,8	3,2	4,5	18,0
Elektrifiltriite tuhk	29,5	3,0	35,5	9,5	5,0	6,0	8,5	7,0

Pribaltiskajan lämpövoimalaitos

Sijainti Pribaltiskajan lämpövoimalaitos sijaitsee Eestissä 5 km Narvan kaupungista. Laitos on ensimmäinen ja tällä hetkellä suurin laatuaan maailmassa, joka toimii tällä matalalämpöarvoisella polttoaineella. Laitoksen kokonaisteho on 1 624 MW (sähkö), josta on 2 x 12 MW (sähkö) vastapainetehoa. Voimalaitoksen suunnittelu on tehty Leningradin LOTEPI-insinööritoimistossa. Laitoksen jäähdytykseen käytetään Narvan vesivoimalaitoksen vesiallasta.

Palava kivi polttoaineena

Polttoaineen lämpöarvo on noin 2 300...2 400 kcal/kg, kun kosteus on 14 %. Matalasta lämpöarvosta huolimatta vastaa kehitetyn energian hinta polttoaineen halpuuden takia hiilienergian hintaa.

Palavan kiven kuljetus louhokselta tai kaivokselta Pribaltiskajan voimalaitokselle tapahtuu junalla. Taloudellisen kuljetusetaisyyden rajana pidetään 150 km. Nykyisin matka on keskimäärin 30 km. Avo-louhoksilta ja kaivoksista saadun polttoaineen suhde on 50 % - 50 %, ja tämän suhteen oletetaan säilyvän lähivuosina. Polttoaineen katsotaan riittävän nykyisellä kulutussuunnitelmalla noin 50 vuodeksi. Nyt ollaan siirtymässä köyhdytetyn polttoaineen käyttöön. Köyhdytetty tarkoittaa sitä, että palavakivestä erotetaan arvokkaammat osat kemian teollisuuden käyttöön ja loput poltetaan. Näin palavasta kivistä saadaan taloudellisesti enemmän irti huolimatta lämpöarvon pienemisestä.

Polttoaineen kulutus on Pribaltiskajan laitoksella nykyisin 13×10^6 t/a. Tällainen määrä vaatii jo ainutlaatuisen polttoaineen kuljetus-, käsittely- ja syöttölaitteiston, samoin kuin tuhkan käsittelylaitteistot.

Polttoaineen louhimisesta ja tuotannosta sekä kuljetuksesta laitokselle huolehtii eri organisaatio. Laitokselle palava kivi tulee junalla kellertävän hiekan näköisenä "murskeena". Vaunut kiepataan ympäri erityisellä laitteella, elevaattorilla polttoaine siirretään joko välivarastoon ulkosalle tai edelleen kahta 1 500 t/h kapasiteetin kuljetuslinjaa pitkin vasaramylllyjen kautta kattilaan. Kattiloissa on 8 poltinta kattilaa kohti. Sytytys tulipesässä tapahtuu öljyn avulla. Öljyä käytetään myös tukitulena. Vasaramylllyjen jälkeinen pölymäinen polttoaine aiheuttaa helposti räjähdyksiä kuljetuslinjassa sekä myös itse kattilassa.

Polttoaineen matalaa lämpöarvoa ja suuren tuhkapitoisuuden asettamia vaatimuksia kattiloiden käyttövarmuudelle kuvaa hyvin tapaus, jossa polttoainejunaan oli eksynyt muutama sepelivaunu. Vaunujen purkaman sepelin kulkeutumista laitoksen läpi ei havaittu millään tavoin. Erään arvion mukaan polttoaineeseen ovat keskittyneet kaikki mahdolliset polttoaineiden huonot ominaisuudet.

Tuhkan käsittely

Vuorokaudessa tulevan tuhkan määrä, 15...20 000 t/vrk, on huomattava. Tuhka kuluttaa kattilan seinämiä ja muita palotilan osia voimakkaasti. Kuonanmuodostus on myös suurta. Kuonan irroittamiseksi on kaksi järjestelmää. Polttokammiot puhdistetaan painevesisuihkuilla ja kattilan jälkipää vibra- ja haulimenetelmillä.

Tuhka poistetaan osaksi veden avulla tulipesän alta, osaksi lentotuhkana sarjaan rakennetuilla syklooneilla ja sähkösuodattimilla. Savukaasuista on saatu sähkösuodattimien jälkeen erotetuksi 98 % tuhkasta. Veden avulla erotettu tuhka kuljetetaan veden kanssa tuhkavarastolle, joka on laaja kenttä laitoksen lähellä. Tuhkavaraston koko on 24×10^6 tonnia. Lentotuhka siirretään paineilman avulla toisiin varastoihin, joiden kapasiteetti on 2×10^6 t. Syklooneista saatu tuhka käytetään maatalouden hyväksi maanparannusaineena ja sähkösuodattimista saatu tuhka käytetään hyväksi rakennusaineena.

Koneistot

Voimalaitoksen suunnittelu on tehty Leningradin lämpövoimainstituutissa, LOTEF'issa. 1. rakennusvaihe käsittää 18 kattilaa (TN-17, 220 t/h), 8 kappaletta 100 MW lauhdutuskonetta ja 2 x 12 MW vastapainekonetta. 2. vaihe käsittää 8 kattilaa (TN-67, 320 t/h) ja 4 kappaletta 200 MW lauhdutuskonetta. Laitoksen suunnittelutyö alkoi maaliskuussa 1956 ja 1. yksikkö otettiin käyttöön joulukuussa 1959 sekä viimeinen yksikkö joulukuussa 1965. Voimalaitoksen 18 pienemällä kattilalla on yhteinen höyrytukki, josta höyry jaetaan 8 x 100 MW + 2 x 12 MW turbiineille. Isommat koneistot ovat erillisiä siten, että kaksi kattilaa syöttää yhtä turbiinia. Näillä yksiköillä ei ole ristiinajomahdollisuutta. Laitoksen käyttö on järjestetty siten, että 100 MW puolella on yhteensä 5 valvontapaneelia ja 200 MW puolella 4 valvomoa - 2 kattilaa ja 1 kone yhtä valvomoa kohti. Lisäksi on keskusvalvomo, josta käsin voidaan tarvittaessa hoitaa koko laitoksen ohjaus. Keskusvalvomo koordinoi verkon syötön verkon tarpeen mukaan. Laitos osallistuu säätöön. Keskusvalvomon päällikkö on myös laitoksen varajohtaja.

Koko laitoksen lämpöteho on 4 600 Gcal/h. Energia-
tasetta ei laitokselle ole tehty. Vuodessa kehitet-
tään noin 9,5 TWh sähköä ja 700 Tcal lämpöä, josta
höyrynä n. 400 Tcal. Lämmön omahinta oli 3,45 rup-
laa/Gcal. Liitteenä oleva kuva 3 esittää laitos-
kaavion ja eräitä teknillisiä arvoja. Kuvat 4 ja 5
esittävät kattiloiden rakenteen sekä yksityiskohtaiset
teknilliset arvot kattiloista ja koneista. Kuva 6
esittää voimalaitoksen kytkentäkaavion.

Laitoksen mittasuhteista antaa kuvan se, että yhte-
näinen turbogeneraattorihalli on yli 700 m pitkä.

Laitos on ollut käytössä kohta 20 vuotta. Saavutetut
käyttökertoimet ovat parhaimmillaan selvästi yli 80 %.
Turbogeneraattorien käyttö on täysin automatisoitu.
Kattilapuoli on automatisoitu palamisen, tulistuksen
säädön, syöttöveden syötön ja myllyjen ilman syötön
osalta. Nykyinen käyttöjärjestelmä on peräisin
60-luvun alusta. Nyt on aloitettu suunnitelmat
järjestelmien uudenaikaistamiseksi.

Henkilökunta

Laitoksen henkilökuntaa on kaikkiaan 2 200. Teollis-
tuotannollisia henkilöitä on 1 900, joista 60...70 %
on käyttö- ja korjaushenkilöitä. Revisiot laitoksella
huolehditaan muualta tuodulla työvoimalla.

Kirjallisuutta

Pribaltiskaya Steam Power Station,
Ministry of Power and Electrification of the USSR,
12 s, HKE:n kirjasto

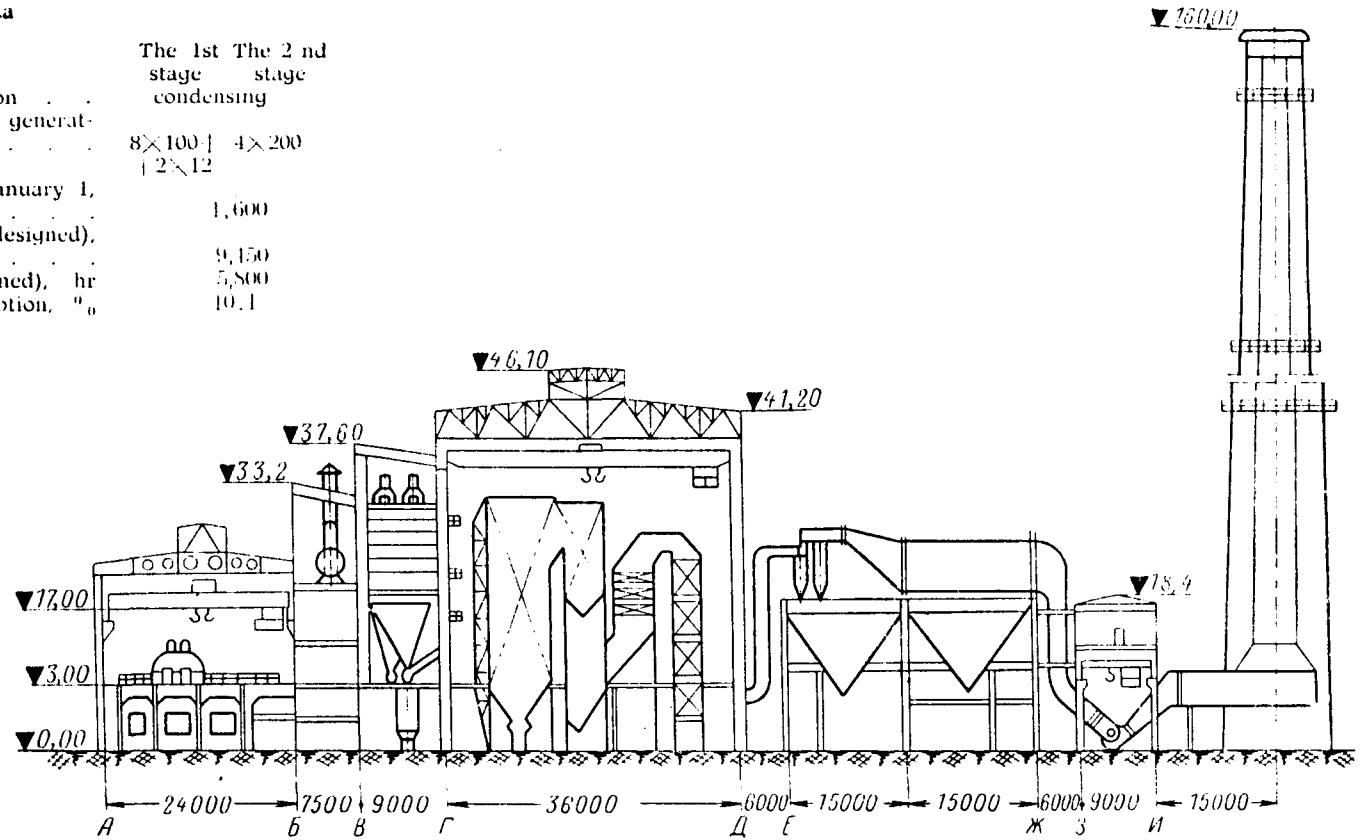
Eesti NSV Energiasüsteemi Areng,
ENSV Energetika ja Elektrifiseerimise Tootmispea-
valistus, Valgus, Tallinn 1973, UDK 621.311.1, 191 s.
HKE:n kirjasto

Suomen Suvun Kirja, WSOY 1943

Kuva 3. Laitoskaavio ja laitoksen teknillisiä arvoja.

Power Station Design Data

	The 1st stage	The 2nd stage
Type of the power station	condensing	
Number and capacity of generating units, MW	8×100 + 2×12	4×200
Installed capacity, as of January 1, 1966, MW	1,600	
Average annual output (designed), million kWhr	9,150	
Annual utilization (designed), hr	5,800	
Auxiliary power consumption, %	10.1	



Cross-section of the main building

Main fuel	Estonian shales
	$Q_{II}^p = 2,200$ kcal/kg
	ash content - 42% + 15% of calcium carbonate, moisture content 13.7%
	mazout
Firing fuel	
Specific consumption of standard fuel, g/kWhr (sent out)	410 366
Cost of 1 kW of installed capacity, roubles	109.2 89.9
Prime cost of electric power, copeck kWhr (sent out)	0.49 0.43
Specific volume of the main building, cu. m/kW	1.31

Kuva 4. Kattilan T -17 kaavio ja kattiloiden ja turbiinien teknillisiä arvoja.

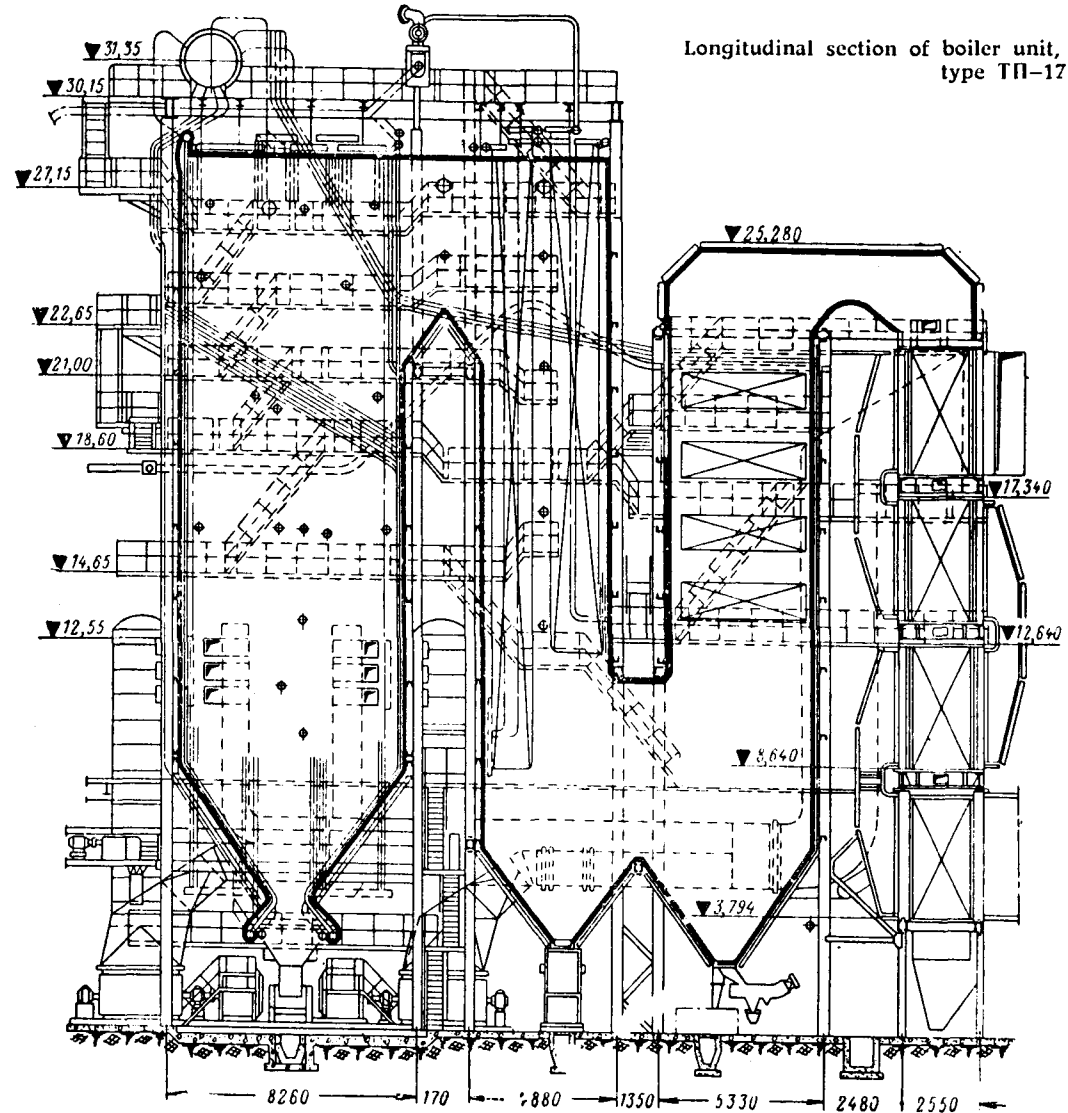
Technical Data of Main Power Equipment

Boiler

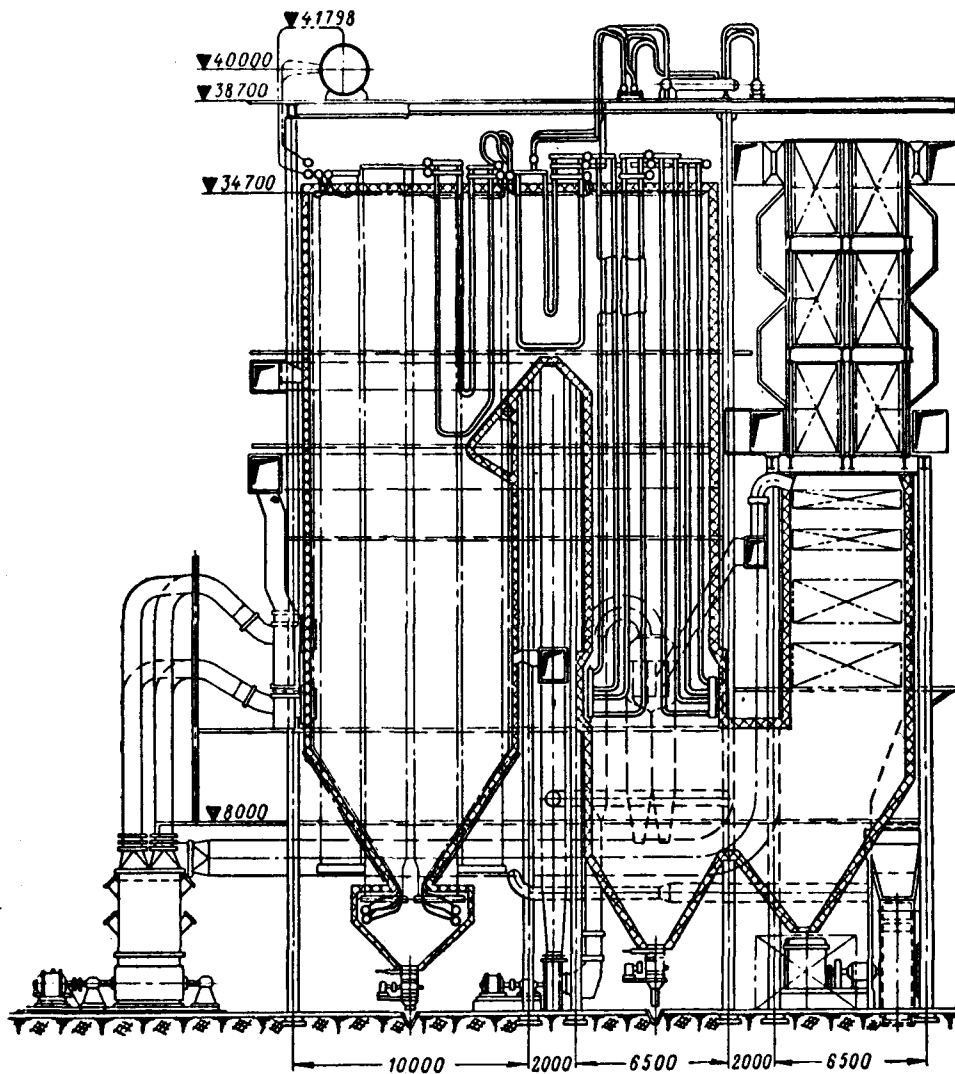
	The 1st stage	The 2nd stage
Type	TII-17	TII-67
Manufacturer	Taganrog Boiler-Manufacturing Works "Krasny Kotelshchik"	
Steam generating capacity, t/hr	220	320
Steam pressure at boiler outlet, atm (abs)	100	140
Superheat steam temperature, °C	540	570
Reheat steam temperature, °C	—	570
Feed water temperature, °C	215	230
Fuel consumption, t/hr	67.0	115
Boiler gross efficiency, %	88.9	89.9
Heat release rate of furnace, kcal/cu.m/hr	100×10 ³	100×10 ³
Flue gas temperature, °C	152	137

Turbine

	The 1st stage	The 2nd stage
Type	K-100-90	P-12-90/18
Manufacturer	Leningrad Metal Works named after XXII CPSU Congress	Kaluga Turbine-Manufacturing Works
Rated capacity, MW	100	12
Speed, r.p.m.	3,000	3,000
Rated steam flow, t/hr	363	131
Live steam pressure, atm (abs)	90	90
Live steam temperature, °C	535	535
Reheat steam temperature, °C	—	570
Condenser pressure at rated conditions, atm (abs)	0.035	—
Number of non-regulated bleed points	8	7



Kuva 5. Kattilan T -67 kaavio ja generaattorien ja muuntajien teknillisiä arvoja.



Generator

Type	The 1st stage		The 2nd stage	
	TBΦ-100-2	T-2-12-2	TBB-200-2	TBBO-200-2
Manufacturer	Leningrad Electrical Engineering Corporation "Electrosila"	Lysva Turbogenerator Works	Leningrad Electrical Engineering Corporation "Electrosila"	Leningrad Electrical Engineering Corporation "Electrosila"
Capacity, MW	100	12	200	200
Power factor	0.85	0.8	0.85	0.85
Terminal voltage, kV	10.5	6.3	15.75	15.75
Excitation	hydrogen at a pressure of 2.0 atm (gauge)	air machine	hydrogen and water, hydrogen pressure is 3.0 atm (gauge)	hydrogen and water, hydrogen pressure is 3.0 atm (gauge)
Cooling	hydrogen at a pressure of 2.0 atm (gauge)	air machine	hydrogen and water, hydrogen pressure is 3.0 atm (gauge)	hydrogen and water, hydrogen pressure is 3.0 atm (gauge)

Transformer

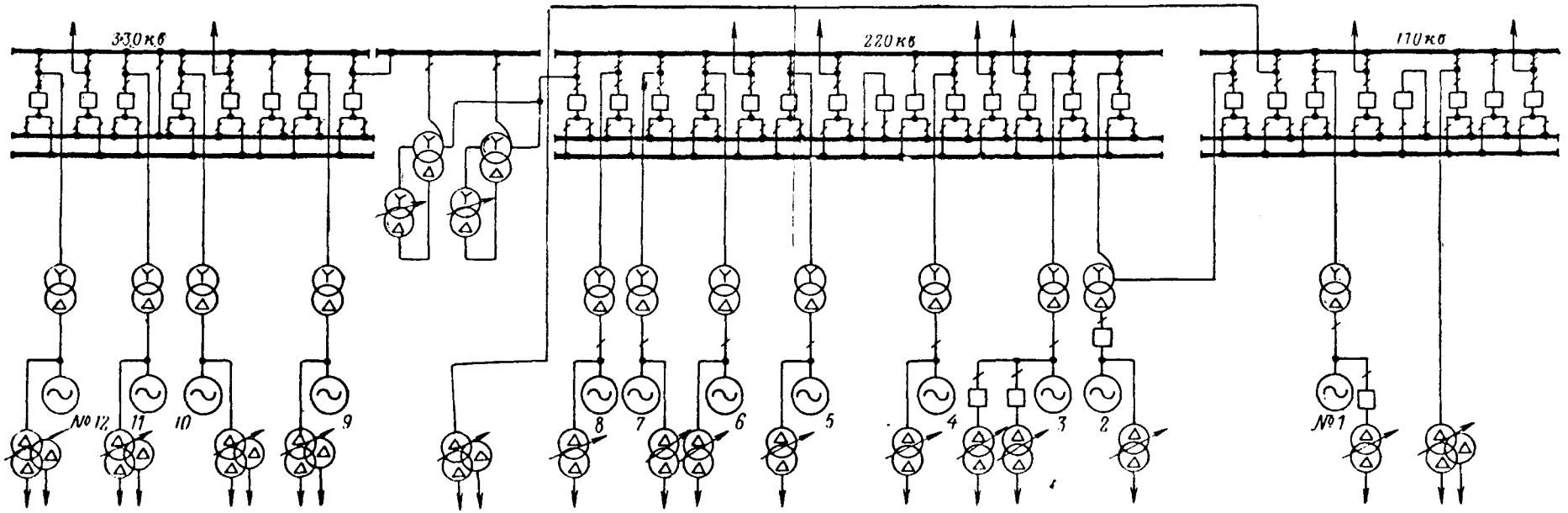
Type	The 1st stage		
	TДЦГ-120,000/110	TДГ-120,000/220	TДЦГ-125,000/220
Manufacturer	Zaporozhye Transformer works		
Capacity, MVA	120	120	125
Voltage, kV	121/10.5	242/10.5	242/10.5
Type	1st stage	The 2nd stage	
	ОДТГА-80,000/220	ТДЦГ-250,000/330	
Manufacturer	Zaporozhye Transformer works		
Capacity, MVA	80	250	
Voltage, kV	242/121/10.5	347/15.75	

Longitudinal section of boiler unit, type TP-67

091

Kuva 5.

Kuva 6. Voimalaitoksen kytkentäkaavio.



Electrical diagram

101