

ATS Ydintekniikka 3/1984

PÄÄKIRJOITUS	Antti Vuorinen	1
YDINENERGIA-ALAN KOULUTUS SUOMESSA	Pekka Pirilä	3
VUODEN 1984 REVISIOT OLKILUODOSSA JA LOVIISASSA		11
LO 1:n PRIMÄÄRIPIIRIN VESIPAINEKOE		13
YJT:n TUTKIMUSOHJELMA VUODEKSI 1985	Veijo Ryhänen	19
TVO:n KÄYTETYN POLTTOAINEEN VÄLIVARASTON RAKENNUS- TYÖT KÄYNNISTYNEET	Heikki Raumolin	20
OLKILUODON KESKIAKTIIVISTEN JÄTTEIDEN VÄLIVARASTO	Hannu Härkönen	26
TILANNEKATSAUS LAVIAN KOEREIKÄOHJELMAN EDISTYMISESTÄ	Veijo Ryhänen	29
PRA-TUTKIMUKSEN NYKYKÄYTTÖ JA TULEVAISUUDEN SUUNTA USNRC:n NÄKÖKULMASTA	Reino Virolainen	41
UTILITY EXPERIENCES OF APPLIED PROBABILISTIC SAFETY ANALYSIS METHODS	Thomas Lilja	49
REAKTORITURVALLISUUSKONGRESSI KARLSRUHESSA 3-13.9.84	Jaakko Miettinen	53
MATKAKERTOMUS ATS:n RUOTSIN ESKURSIOSTA 16-18.5.84		58
- Pius-reaktorin pienoismalli, Magne		62
- Ydinpolttoainetehdas		65
- OKG-info		66
- Oskarshamn 3		68
- Oskarshamnin keski- ja matala-aktiivisten jätteiden varastoluola		72
- Käytetyn polttoaineen välivarasto (CLAB)		72

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO 3/1984 Marraskuu

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

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA
TKT HEIKKI REIJONEN
PUH. 90-465 712

VTT TECHNOLOGY OY
REVONTULENTIE 7
02100 ESPOO

ERIKOISTOIMITTAJA
TKT MIKKO KARA
PUH. 938-18220

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
27160
OLKILUOTO

ERIKOISTOIMITTAJA
DI KLAUS SJÖBLOM
PUH. 915-550431

IMATRAN VOIMA OY, LOVIISAN VOIMALAITOS
07900
LOVIISA

TOIMITTAJA
FM LAURO TUURA
PUH. 90-6172471

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI

JOHTOKUNTA

PUHEENJOHTAJA
DI HEIKKI RAUMOLIN
PUH. 90-605022

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
FREDRIKINKATU 51-53
00100 HELSINKI 10

VARAPUHEENJOHTAJA
DI MATTI KOMSI
PUH. 90-6160383

IMATRAN VOIMA OY
EERIKINKATU 27
00180 HELSINKI

SIHTEERI
DI ESKO TUSA
PUH. 90-6944811

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI

RAHASTONHOITAJA
FM LEENA KATAJAPURO
PUH. 90-4512826

TKK/KIRJASTO
OTANIEMENTIE 9
02150 ESPOO 15

JOHTOKUNNAN JASEN
TKL JUUKA LAAKSONEN
PUH. 90-61671

SÄTEILYTURVAKESKUS
KALEVANKATU 44
00180 HELSINKI

JOHTOKUNNAN JASEN
TKT KARI TÖRRÖNEN
PUH. 90-4565391

VTT/METALLILABORATORIO
METALLIMIEHENKUJA 6
02150 ESPOO 15

JOHTOKUNNAN JASEN
DI HARRY VIHHERIÄVAARA
PUH. 90-648435

SÄHKÖTUOTTAJAJEN YHTEISTYÖ-
VALTUUSKUNTA (STYV)
LÖNNROTINKATU 4 B
00120 HELSINKI 12

TOIMIHENKILÖT

YLEISSIHTEERI
FM LAURI RANTALAINEN
PUH. 90-6090949

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI 10

KANSIÄL. YHTEYS. SIHT.
DI KLAUS KILPI
PUH. 90-4564148

VTT/E-OSASTON KANSLIA
VUORIMIEHENTIE 5
02150 ESPOO

EKSKURSIOSIHTEERI
DI PERTTI SALMINEN
PUH. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB.
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI 18

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

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB.
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI

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

3.10.1984

Ellei kehityksen edellytyksistä huolehdi, seurauksena on taantuminen

Suomalaisen ydinenergiatuotannon saavutukset kasvattavat luottamusta tuleviin mahdollisuuksiin. Samanaikaisesti on kuitenkin yleisön suhtautumisessa nähtävissä sama kehityksen kaari kuin useassa muussakin maassa. Lisääntyvästä keskustelusta on seurauksena ollut yleisen epäilyksen kasvu. Usko ja luottamus on saavutettavissa vain määrätietoisen toiminnan tuloksena ja siihen varmaankin vaikuttaa suuressa määrin myös tarve - ja sen kokeminen.

Riippumatta siitä, mitä energiantarpeen ja tarjonaan riippuvuudessa ja hinnassa tapahtuu, elää ydinenergian turvallisuuskenttä omaa elämäänsä. Se kehittyy, vaikka virallisuusluontoiset selvitykset pintapuolisen tarkastelun perusteella johtaisivatkin ajatukseen virallisen vaatimustason säilymisestä lähes entisellään.

Ydinenergiateollisuudella, voimayhtiöillä ja valvontaviranomaisilla on paljon tärkeätä uutta tietoa potentiaalisena lähteenä turvallisuuden kannalta yhä tarkoituksenmukaisempia ratkaisuja varten. Periaatteessa käytettävissä olevan vastaavan kokemuksen ja tiedon tehokas käyttäminen ydinenergian vastaisen käytön eri vaiheissa onkin tärkeä haaste kaikille osapuolille tutkijat ja poliittisesta päätöksenteosta vastuulliset tahot mukaanluettuina.

Ydinenergialakiuudistuksen valmistelussa ollaan siirtymässä pitkän kabinettikeskusteluvaiheen jälkeen päätöksentekoon. Turvallisuustyön kannalta on toivottavaa, että tuloksena saadaan mahdollisimman selkeä käytännön tarpeet täyttävä perusnormi, joka tehokkaasti ohjaa yksityiskohtaisemman säännösten kehittymistä käytännön turvallisuustarpeita vastaaviksi.

Hyväkään normisto ei sinänsä takaa hyvän turvallisuustason saavuttamista eikä myöskään ydinenergiateollisuuden ja koko yhteiskunnan etujen mukaista joustavaa ja tehokasta viranomaistoimintaa. Selkeiden toimintalinjojen säilyminen ja tehokkuus saavutetaan vain kokeneen ja pätevän henkilöstön yhteistyön tuloksena kun henkilökohtaisen osaamisen lisäksi on huolehdittu muiden toimintaedellytysten kehittämisestä.

Loviisan ja Olkiluodon rakentamisvaiheeseen on saatu viimein harkinnan kannalta riittävä etäisyys ja laitosten käytöstä - huolista ja saavutuksista on näyttöä. Vakavaa huolestuneisuutta herättää se, että asioiden kehittämisen yleiset edellytykset näyttävät eivät vain pysähtyneen, vaan jopa taantuneen. Ellei muutoksen suuntaa pystytä muuttamaan, on edessä vääjäämättömästi ikäviä yllätyksiä ainakin niillä, jotka laskelmoivat tulevien ohjelmien joustavaan etenemiseen puhuttiinpa sitten ydinjätehuollon välttämättömistä ratkaisuista tai mahdollisista uusista ydinenergiaa tuottavista laitoksista.

YDINENERGIA-ALAN KOULUTUS SUOMESSA JA KOULUTUSTARVE
1980- JA 1990-LUVUILLA

Atomienergianeuvottelukunnan asettama työryhmä on AEN:n yleisjaoston tuella laatinut vuonna 1983 valmistuneen selvityksen "Ydinenergia-alan koulutus Suomessa ja koulutustarve 1980- ja 1990-luvulla". Työryhmän puheenjohtajana toimi professori Jorma Routti (TKK) sekä jäsenenä apulaisprofessori Heikki Kalli (LTKK), tekn.lis. Ami Rastas (TVO), dipl.ins. Kirsti Tossavainen (STUK), tekn.lis. Heikki Väyrynen (IVO) ja tekn.tri Pekka Pirilä (VTT), joka oli myös työryhmän sihteerinä. Seuraavassa esitetään eräitä keskeisiä tuloksia laaditusta selvityksestä. Täydellistä selvitystä voi tiedustella työryhmän sihteeriltä.

JOHDANTO

Selvitys kartoittaa ydinenergia-alan koulutusta ja koulutustarvetta Suomessa vuoteen 2000 asti. Koska kattavaa selvitystä ydinenergia-alan koulutuksesta Suomessa ei ole aiemmin tehty, on lähtökohdaksi laadittu kartoitus tähänastisesta koulutuksesta sekä voimayhtiöissä ja muissa koulutettua henkilöstöä käyttävissä laitoksissa olevasta ydinteknisestä henkilöstöstä.

Koulutuksella on ydinenergian käytössä keskeisen tärkeä asema. Voidaan perustellusti sanoa, että korkea koulutustaso on ydinenergian turvallisen ja taloudellisen käytön perusedellytys. Koulutuksen tulee ajoittua riittävän aikaiseen vaiheeseen ydinenergiaohjelmien toteuttamisessa. Epätietoisuus ydinenergiaohjelmien toteutusaikatauluista edellyttää koulutusohjelmilta myös joustavuutta. Suomessa on näihin haasteisiin pystytty vastaamaan varsin hyvin suhteellisen pienin taloudellisin panoksin.

KOULUTUS

Ydinenergia-alan korkeakoulutasoista koulutusta annetaan Teknillisessä korkeakoulussa Otaniemessä, Lappeenrannan teknillisessä korkeakoulussa, Helsingin yliopiston radiokemian laitoksella sekä vähäisessä määrin muissa korkeakouluissa. Nykyisin valmistuu vuosittain noin 20 ydintekniikkaan erikoistunutta akateemisen loppututkinnon suorittanutta henkilöä ja ydintekniikan perustiedot saa noin 50 henkilöä, joiden tutkinto painottuu muille tekniikan tai luonnontieteen aloille. Erikoistuminen tapahtuu usein tutkimuslaitoksessa tai voimayhtiössä. Koulutusmäärät vastaavat melko hyvin tämänhetkistä tarvetta kaikilla niillä koulutusaloilla, joilla on suuri merkitys ydinenergia-alan toiminnan kannalta.

Monissa ulkomaisissa korkeakouluissa käytössä oleva ydinenergia-alan koulutus erillisillä ydintekniikan osastoilla on kärsinyt kysynnän suhdannevaihteluista ja ydinenergian hyväksyttävyysongelmista johtuvista alan arvostusongelmista. Suomessa ydintekniikan koulutus liittyy läheisesti laajempiin teknillisen fysiikan, energiatekniikan, sähkötekniikan tai luonnontieteiden koulutusohjelmiin. Tätä rakennetta voidaan pitää onnistuneena, koska sillä pitkälle vältetään edellä mainitut ongelmat. Ulkomaiset korkeakoulut tarjoavat pitemmälle meneviä erikoistumismahdollisuuksia. Näitä on jonkin verran käytetty myös suomalaisen tutkijahenkilöstön koulutuksessa. Tätä mahdollisuutta on myös jatkossa syytä käyttää hyväksi.

Voimalaitosten rakentamisvaiheissa on mm. INSKO:n järjestämällä kursseilla ollut huomattava merkitys mm. valmistavan teollisuuden henkilöstön tarvitseman ydinteknisen koulutuksen antajana. Käyttöhenkilöstön tarvitsemasta ydinteknisestä koulutuksesta huolehtivat pääosin voimayhtiöt itse.

KOULUTUSTARVE

Tuleva henkilöstötarve riippuu merkittävästi ydinenergia-alan kehityksestä Suomessa ja erityisesti suurista ydinlaitoksista koskevista ratkaisuista. Määrällisten arvioiden laatiminen on mahdollista vain kiinnitettyjen vaihtoehtojen puitteissa. Yhdenmukaisesti ydinenergia-alan tutkimusta käsitelleen selvityksen kanssa perustuvat kahteen skenaarioon:

Skenaario A: Nykyiset neljä voimalaitosyksikköä ovat käytössä ja valmius uusien ydinvoima- tai ydinlämmityslaitosten tilaamiseen ennen vuotta 2000 ylläpidetään.

Skenaario B: Kuten skenaario A paitsi, että lisäksi tilataan yksi uusi 1000 MW ydinvoimalaitosyksikkö vuoden 1985 alkuun mennessä.

Henkilöstömäärän arviot on tehty toisaalta koskien ydintekniikkaan erikoistunutta henkilöstöä ja toisaalta koskien henkilöstöä, jonka erikoisala on jokin muu, mutta joka on saanut myös ydinteknisten perustietojen koulutuksen. Edelliseen ryhmään on luettu akateemisen koulutuksen saaneet, joiden erikoisala on reaktortekniikka (laajasti tulkittuna), säteilysuojelu ja ydinjätteet tai radiokemia. Toinen ryhmä on jaoteltu sekä erikoistumisalan että koulutustason mukaan. Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty yhteenveto tehdyistä henkilöstötarvearvioista.

Uuden henkilöstön tarvetta arvioitaessa on otettu huomioon sekä alalta poistuvan henkilöstön korvaustarve että henkilöstömäärän lisäys. Taulukossa 1 esitettyjen lukujen perusteella on päädytty täten taulukon 3 mukaisiin koulutustarvearvioihin.

Tehtyjen arvioiden mukaan aiheutuu skenaariossa A uuden henkilöstön kysyntä pääasiassa alalta poistuvan henkilöstön korvaamistarpeesta. Tällöin ei koulutustarve muutu merkittävästi nykyisestä ja on tyydytettävissä olennaisesti tämänhetkisten koulutusresurssien turvin.

Uuden ydinvoimalaitosyksikön tilaus johtaa heti tilauspäätöksen jälkeen muutaman vuoden ajan jatkuvaan lisääntyneeseen koulutustarpeeseen. Olemassaolevat koulutusresurssit pystyvät pitkälti vastaamaan tähän lisätarpeeseenkin, mutta vaikeutena ovat koulutuksen viiveet sekä mahdollisesti ongelmat opiskelijoiden saamisessa alan koulutukseen.

TOIMENPIDESUOSITUKSIA

Riippumatta uusia ydinenergiainvestointeja koskevista päätöksistä korkeatasoisen koulutuksen turvaamiseksi

Ydinenergia-alan tutkimusta on edistettävä ja sen yhteyksiä koulutukseen vahvistettava.

Korkeatasoisen ja riittävän opettajajenkilöstön saatavuuden turvaamiseksi olisi edistettävä korkeakouluissa tehtävää tutkimusta sekä tutkimuslaitosten tutkijoiden osallistumista myös laajempien kurssien luennointiin.

Toiseksi

Laajojen tutkimuslaitteistojen käyttöä opetuksen tukena olisi lisättävä.

Tutkimuslaitteistojen käyttö ja osallistuminen niiden rakentamiseen tukevat olennaisesti korkeatasoista koulutusta sekä motivoivat hyviä opiskelijoita suuntautumaan ydintekniselle alalle.

Edelleen

Mielenkiintoisten ydinenergia-alan harjoittelupaikkojen tarjontaa olisi lisättävä.

Lisäksi

Ydintekniikan perustietoja sekä korkeakouluissa että teknillisissä oppilaitoksissa olisi opetettava entistä laajempialaiselle opiskelijakunnalle.

Tämä olisi toteutettava sisällyttämällä ydintekniikan perustietojen kurssi entistä useampien alojen koulutusohjelmiin vaihtoehtoisena aineena sekä turvaamalla näiden kurssien saatavuus kiinnittämällä huomiota lukujärjestysten yhteensovittamiseen.

Tilanteessa, jossa uutta ydinvoimalaitosta koskevaa päätöstä odotetaan lähitulevaisuudessa, eli nykyisen kaltaisessa tilanteessa

Mahdolliseen rakentamispäätökseen on varauduttava edistämällä ydintekniseen koulutukseen hakeutumista esimerkiksi tarjoamalla enemmän ydintekniikkaan liittyviä diplomityöpaikkoja koulutustaustaltaan sopiville opiskelijoille.

sekä

Valmiutta laajentaa nopeasti ydinteknistä koulutusta kaikilla tasoilla on ylläpidettävä.

Edelleen

Tutkimustoimintaa olisi laajennettava, jotta joustavammat henkilöstöjärjestelyt olisivat käytettävissä mahdollisen rakentamispäätöksen toteuduttua.

Rakentamista koskevan myönteisen päätöksen toteuduttua

Suunnitelmallinen täydennyskoulutus välittömän työvoimatarpeen tyydyttämiseksi on käynnistettävä.

sekä

Opinnoissaan jo suhteellisen pitkällä olevien opiskelijoiden syventymiskohteen vaihtoa ydintekniselle alalle olisi edistettävä mm. kurssijärjestelyin.

Riittäväillä koulutusinvestoinneilla, jotka kuitenkin suhteessa muihin ydinvoimainvestointeihin ovat pieniä, voidaan taata, ettei henkilöstökysymykset ole rajoittamassa ydinvoimaa koskevia päätöksiä.

Taulukko 1 Ydinteknisesti koulutetun henkilöstön määrä
Yhteenveto

	1982	1985		1990	
		A	B	A	B
AKATEEMINEN LOPPUTUTKINTO					
<u>Ydintekniikkaan erikoistuneet</u>					
reaktoritekniikka	105	110	146	111	149
säteilysuojelu ja ydinjätteet	49	60	63	60	67
radiokemia	14	17	19	17	21
yhteensä (tästä jatkotutkintoja)	168 (48)	187	228	188	237
<u>Ydintekniikan perustiedot</u>					
prosessitekniikka	48	49	62	49	64
sähkötekniikka	27	26	28	26	30
automaatio	20	18	31	18	31
rakenteet ja koneet	47	41	68	41	70
materiaalit	29	31	36	31	39
kemia	8	8	9	8	9
muut	12	12	14	12	14
yhteensä (tästä jatkotutkintoja)	191 (28)	185	248	185	257
Akateeminen koulutus yhteensä	359	372	476	373	494
OPISTOTASON KOULUTUS					
<u>Ydintekniikan perustiedot</u>					
prosessitekniikka	35	34	43	34	52
sähkötekniikka	12	11	16	11	18
automaatio	24	22	37	22	39
rakenteet ja koneet	42	31	56	31	57
materiaalit	2	2	8	2	7
kemia	6	6	7	6	9
muut	2	2	2	2	2
yhteensä	123	108	169	108	184
TEKNIKKOTASON KOULUTUS					
<u>Ydintekniikan perustiedot</u>					
prosessitekniikka	92	91	108	91	128
sähkötekniikka	10	9	15	9	18
automaatio	35	33	63	33	66
rakenteet ja koneet	63	52	85	52	85
materiaalit	3	3	8	3	13
kemia	15	15	19	15	23
muut	1	1	2	1	2
yhteensä	219	204	300	204	335
KAIKKI YHTEENSÄ	701	684	945	685	1013

Taulukko 2. Ydinteknisesti koulutetun henkilöstön määrä
Toimialoittain

	1982	1985		1990	
		A	B	A	B
AKATEEMINEN LOPPUTUTKINTO					
<u>Ydintekniikkaan erikoistuneet</u>					
voimayhtiöt	54	57	65	57	70
valmistava teollisuus	9	7	13	7	13
hallinto- ja valvontaviranom.	27	27	28	27	30
VTT	63	80	103	81	105
korkeakoulut ja tekn. oppilait.	15	16	19	16	19
yhteensä	168	187	228	188	237
<u>Ydintekniikan perustiedot</u>					
voimayhtiöt	93	91	111	91	117
valmistava teollisuus	21	13	37	13	37
hallinto- ja valvontaviranom.	31	31	34	31	39
VTT	39	43	58	43	56
korkeakoulut ja tekn. oppilait.	7	7	8	7	8
yhteensä	191	185	248	185	257
OPISTOTASON KOULUTUS					
<u>Ydintekniikan perustiedot</u>					
voimayhtiöt	72	72	92	72	107
valmistava teollisuus	40	25	65	25	65
hallinto- ja valvontaviranom.	11	11	12	11	12
yhteensä	123	108	169	108	184
TEKNIKKOTASON KOULUTUS					
<u>Ydintekniikan perustiedot</u>					
voimayhtiöt	169	169	205	169	240
valmistava teollisuus	50	35	95	35	95
yhteensä	219	204	300	204	335

Taulukko 3 Uuden ydinteknisesti koulutetun henkilöstön tarve vuosina 1983-85 ja 1986-90

	1983-1985		1986-1990	
	A	B	A	B
AKATEEMINEN LOPPUTUTKINTO				
<u>Ydintekniikkaan erikoistuneet</u>				
reaktoritekniikka	21	57	29	39
säteilysojelu ja ydinjätteet	18	21	15	18
radiokemia	5	7	4	7
yhteensä	44	85	48	64
<u>Ydintekniikan perustiedot</u>				
prosessitekniikka	8	21	12	17
sähkötekniikka	3	5	6	9
automaatio	1	14	5	8
rakenteet ja koneet	1	28	10	19
materiaalit	6	11	8	12
kemia	1	2	2	2
muut	2	4	3	3
yhteensä	22	85	46	70
Akateeminen koulutus yhteensä	66	170	94	134
OPISTOTASON KOULUTUS				
<u>Ydintekniikan perustiedot</u>				
prosessitekniikka	4	13	8	20
sähkötekniikka	1	6	3	6
automaatio	2	17	5	11
rakenteet ja koneet	0	20	8	15
materiaalit	0	6	1	1
kemia	1	2	1	4
muut	0	0	1	1
yhteensä	8	64	27	58
TEKNIKKOTASON KOULUTUS				
<u>Ydintekniikan perustiedot</u>				
prosessitekniikka	13	30	23	47
sähkötekniikka	1	7	2	7
automaatio	3	33	8	19
rakenteet ja koneet	0	31	13	21
materiaalit	0	5	1	7
kemia	2	6	4	9
muut	0	1	0	1
yhteensä	19	113	51	111
KAIKKI YHTEENSÄ	93	347	172	303

Tarvearviot koskevat 3-vuotis- ja 5-vuotiskaksia eivätkä ole vuotuisia tarpeita.

UUODEN 1984 REVISIOT OLKILUODOSSA

TVO I:llä toteutettiin nyt viidennen kerran vuosiseisokki, jonka aikana suoritettiin polttoaineen vaihto, määräaikaistarkastuksia ja huolto- ym. töitä. Seisokin suurimpina töinä turpiinipuolella olivat KP-turpiinin avaus ja tehonkorotukseen liittyvä siivistön muutostyö sekä eräiden järjestelmien putkistojen eroosikorjaukset. Reaktoripuolella tehtiin normaali huoltojen ja polttoaineenvaihdon lisäksi tehonkorotukseen liittyvä ulospuhallusjärjestelmän muutostyö.

TVO II:lla suoritettu vuosihuolto oli järjestyksessä kolmas. Tärkeimmät työt olivat samat kuin TVO I:llä. Näiden lisäksi on mainittava höyrynerottimeen tehty muutostyö.

Alla olevaan taulukkoon on koottu vuosihuoltoseisokkeja kuvaavia lukuja. Erot säteilyannoksissa johtuvat TVO II:n reaktorijärjestelmien korkeammista säteilytasoista, työtunneista ja niiden jakautumisesta sekä jonkin verran TVO II:n turpiinipuolen korkeammista säteilytasoista.

	TVO I	TVO II
aika	15.6. - 8.7.1984	4.5. - 30.5.1984
laitos irti valtakunnan verkosta	22 vrk 5 h 11 min	26 vrk 2 h 13 min
säteilyannokset	337,75 man mSv	701,40 man mSv
korkein henkilökohtainen annos	4,4 mSv	7 mSv
tehdyt työtunnit	n. 92 000 h	n. 100 200 h
ulkopuolisen työvoiman maksimivahvuus	740	773

Mikko Kara

VUODEN 1984 REVISIOT LOVIISASSA

Lo1:llä vaihdettiin polttoainetta nyt seitsemännen ja Lo2:lla neljännen kerran. Seisokit vietiin läpi pääpiirteittäin normaalien rutiiniohjelmien mukaisesti. Lo1:llä oli vuorossa nk. pitkä revisio, jollainen on joka neljäs vuosi; tällöin reaktori puretaan kokonaan paineastian sisäisiä tarkastuksia varten. Lo1:llä suoritettiin myös primääripiirin vesipainekoe, josta kerrotaan lähemmin seuraavassa artikkelissa.

Revision aikana tehdyistä muutostöistä mainittakoon korkeapainehätäjäähdytyspumppujen (joka toisen) nostokorkeuden alentaminen, kiehumavaraa valvovan järjestelmän asennus, höyrystimien tyhjennyslinjojen poisto sekä suojarakennuksen vetypitoisuuden mittausjärjestelmän asennus. Lisäksi Lo1:llä asennettiin paineistimen alayhteisiin lämpösuojat.

Alla olevaan taulukkoon on koottu vuosihuoltoseisokkeja koskevia lukuja.

	L01	L02
aika	15.7-31.8.1984	2.9-21.9.1984
laitos irti valtakunnan verkosta	47 vrk 3h 7 min	19 vrk 20h 12 min
säteilyannokset	1,10 manSv	0,67 manSv
korkein henkilökohtainen annos		17,4 mSv
tehdyt työtunnit	73 000	54 000
ulkopuolisen työvoiman maksimivahvuus	887	830

Klaus Sjöblom

LO 1:N PRIMÄÄRIPIIRIN VESIPAINEKOE

TAUSTAA

Oleellinen osa ydinvoimalaitosta koostuu muiden lämpövoimalaitosten tavoin erilaisista paineastioista, joille Suomen paineastialainsäädännön mukaisesti tulee suorittaa painekoe kahdeksan vuoden väliajoin. Koepaine on yleensä 1,3 x suurin sallittu käyttöpaine.

Suurin osa PWR-laitosten paineastioista on täysin erillään primääripiiristä tai helposti erotettavissa. Tällaisille paineestioille on Loviisassa suoritettu paineastia-asetuksen edellyttämät painekokeet rutii-ninomaisesti. Nyt kuitenkin kyseessä oli ensimmäistä kertaa käyvän ydinvoimalaitoksen reaktoripaineastia, eikä painekokeen suoritusta pidetty itsestään selvänä (koekäyttöaikana sekä kylmä- että kuumakoevaiheessa primääripiirille on suoritettu painekoe 191 bar paineella). Reaktoripaineastian ja siihen välittömästi liittyvien muiden paineestioiden kuntoa seurataan ASME XI-normien mukaisesti NDT-menetelmillä (nondestructive testing). Tämän vuoksi IVO ehdotti, että myös painekoe suoritettaisiin ASME XI-normien mukaisesti. Käytännössä koe olisi tällöin ollut muutoinkin kylmäseisokin jälkeen suoritettavan primääripiirin tiiveyskokeen kaltainen. Paine kyseisessä tiiveyskokeessa on 131 bar (normaali käyttöpaine on 122 bar). Paineastialainsäädännön edellyttämä paine vastaavasti on 178 bar (1,3 x suurin sallittu käyttöpaine 137 bar). Tällaisen painekokeen suoritus vaikutti ensitarkastelulla teknisesti vaikealta ja runsaasti aikaa vievältä. Suurimmat tekniset vaikeudet näyttivät olevan:

- Reaktoripaineastian lämpötilan tulee materiaaliominaisuuksista johtuen olla yli 155°C.
- Koska mahdollisessa vuototilanteessa polttoaineen jäähdytys olisi saattanut vaarantua ja koska polttoaineelle ei muutenkaan sallita näin korkeata painetta, painestia on avattava ja polttoaine poistettava ennen painekoetta.

- Painekoelämpötilan saavuttaminen tapahtuu pääkiertopumppujen avulla. Näiden taasen uskottiin tarvitsevan polttoainelatausta vastaavan virtausvastuksen. Kyseisen kuristuksen toteuttaminen vaikutti vaikealta. Myöhemmin todettiin kuitenkin, että virtausvastukset ilman kuristuksia ovat riittävät.

Talven 1984 aikana IVO suoritti STUK:n vaatimat lisäselvitykset painekokeeseen vaikuttavista seikoista ja lähetti STUK:lle uuden hakemuksen jossa ehdotettiin painekoeaineeksi 145 bar. Kyseisessä paineessa polttoaine vielä olisi saanut olla reaktorissa.

STUK ei kuitenkaan hyväksynyt IVO:n ehdotusta vaan edellytti, että vuosi-
sihuollon 1984 yhteydessä tulee suorittaa painekoe 178 barilla. Vastauksen saatuaan IVO ryhtyi pikaisesti laatimaan suunnitelmia painekokeen teknisestä suorittamisesta ja kokeen yhteydessä tehtävistä tarkastuksista.

PAINEKOEEN SUORITUS

Painekoe suoritettiin 28-29.7.1984. Koealue käsitti:

- reaktoripaineastian
- pääkiertoputkiston venttiileineen
- pääkiertopumput ja niiden tiivistevesisysteemit
- paineistimen
- primääriveden puhdistusjärjestelmän
- paineen nostoon käytetyn lisävesijärjestelmän
- oleellisia osia hätäjähdytysjärjestelmästä
- osia primääripiirin poistovesien esipuhdistusjärjestelmästä ja vuotojenkeruujärjestelmästä

Painekoealueella oli yhteensä 40 kpl paineastioista (ns. rekisteröityjä painesäiliöitä) ja noin 600 erilaista venttiiliä.

Painekokeen aikana reaktoripaineastiassa oli reaktoripesä ja sen pohjaosa sekä tyhjä polttoainekori; varsinaisen kannen tilalla oli ns. koeponnistuskansi.

Piirin lämmitys painekoealämpötilaan 155°C tapahtui pääasiassa sekundääripiirin kautta. Lämmityksen aikana pidettiin kahta pääkiertopumppua käynnissä primääripiirin lämpötilaerojen tasaamiseksi.

Paineennostoon käytettiin primääripiirin lisävesipumppuja. Pumppujen painepuolen putkissa oli kumiset putkijatkokset akustiseen emissioon perustuvan tarkastukseen vaikuttavien häiriöiden eliminoimiseksi.

Paineennosto tapahtui portaittain (60, 90, 123 ja 150 bar), ks. kuva 1. Jokaisessa portaassa paineen annettiin tasaantua noin 30 min ajan. Portaassa 123 bar käytettiin lisäksi pääkiertopumppuja lämpötilojen nostamiseksi ja tasoittamiseksi. Varsinaista painekoepainetta, 178 bar, pidettiin yllä 30 min, minkä jälkeen paine laskettiin 123 bariin, jotta primääripiiriä päästiin lämmittämään lisää pääkiertopumppujen avulla. Tämän jälkeen nostettiin paine 151 bariin, jossa suoritettiin tiiveystarkastukset. Tiiveystarkastusjakson jälkeen (3,5 h) laskettiin paine 137 bariin, jolloin tarkastettiin eräitä tiivistevuotoja uudelleen.

Ainoana merkittävänä vaikeutena itse painekokeen suorituksessa oli riittävän lämpötilan ylläpitäminen reaktoripaineastian eri osissa, koska pääkiertopumppujen ollessa pysäytettynä kerrostuu lämmin vesi niin että pohjaosa jää selvästi (noin 20 °C) kylmemmäksi. Riittävää ylilämmitystä ei taasen voitu suorittaa vaarantamatta akustisen emission mitausantureita.

TARKASTUKSET

Painekokeen yhteydessä tehtiin tarkastuksia seuraavasti:

Vaihe I, paine 178 bar (varsinainen painekoe)

Painetta pidettiin yllä 30 min, jonka aikana tarkastusryhmät kiersivät ennakoilta määrätyt kohteet etsien lähinnä mahdollisia vaurioita.

Vaihe II, paine 150 bar (tiiveystarkastus)

Painetta pidettiin yllä 3,5 h. Tarkastajat kiersivät sekä jakson alussa että lopussa samat kohteet kuten edellisessä vaiheessa. Nyt tarkastuksissa kiinnitettiin huomiota erilaisien tiivisteliitosten tiiveyksiin ja eristeistä mahdolliset tuleviin vuotoihin. Pitkän paineenpitoajan tarkoitus oli varmistaa, että mahdollisesti pienetkin vuodot eristetyillä osuuksilla havaitaan. Tärkeimpien hitsisaumojen ja liitosten kohdilta eristeet oli kuitenkin poistettu.

Tämän jälkeen pudotettiin paine 137 bariin jolloin viranomaisen esityksestä tarkistettiin eräiden kokeen aikana vuotaneiden tiivisteliitosten tiiveys uudelleen.

Paineennostojaksojen aikana reaktoripaineastian sydänalueen eheyttä seurattiin akustista emissiota mitaten. Akustinen emissio on materiaallisissa tapahtuneen äkillisen energian vapautumisen (esim. särön kasvamisen) luoma hetkellinen elastinen aalto. Tarkastukset suoritti VTT:n Metallilaboratorio. Antureita oli käytössä yhteensä 11 kpl. Tarkastuksissa ei havaittu mitään vaurioitumiseen viittaavaa, mutta eräitä kohtia tutkittiin kuitenkin painekokeen jälkeen varmuuden vuoksi ultraäänellä.

Painekokeen jäkeen tarkastettiin reaktorin sisäpinta huolellisesti TV-kameran avulla. Tämän lisäksi tarkastettiin koko sydänalue ultraäänellä reaktoripaineastian ulkopuolelta. Myös primääripiirin putkistolle suoritettut määräaikaistarkastukset olivat laajemmat kuin ohjelmat olisivat edellyttäneet.

TULOKSET

Tarkastuksissa ei havaittu painekokeen aiheuttamia vaurioita. Tiivisteliitoksetkin osoittautuivat yllättävän tiiviiksi, vaikka paine korkeimmillaan ylitti rajusti normaalin käyttöpaineen (n. 1,45-kertainen).

Tärkeimmät havaitut vuodot olivat:

- Höyrystimen primäärikollektorin kannen sisempi tiiviste. Vuoto johtui tiivisteuran muotovirheestä, joka oli päätetty muutenkin korjata ko. vuosihuollossa.
- Paineistimen miesluukun sisempi tiiviste. Tiiviste olisi vaihdettu kannen aukaisun yhteydessä.
- Paineistimen miesluukun tiivisteiden välistä lähtevässä vuodonvalvontaputkessa oli todennäköisesti taivutuksesta syntynyt vaurio. Kyseinen putki ei ole paineistettuna mikäli edellisessä kohdassa mainittu tiiviste ei vuoda.

- Hätäjäähdytysakun sulkuventtiilin rintalaipan tiiviste vuoti runsaasti. Venttiili erotettiin painekoealueelta. Syy vuotoon oli vääranäntyyppinen tiiviste.

Edellä mainittujen vuotojen lisäksi vähäisempiä vuotoja esiintyi erilaisissa laippa- ja karatiivisteissä.

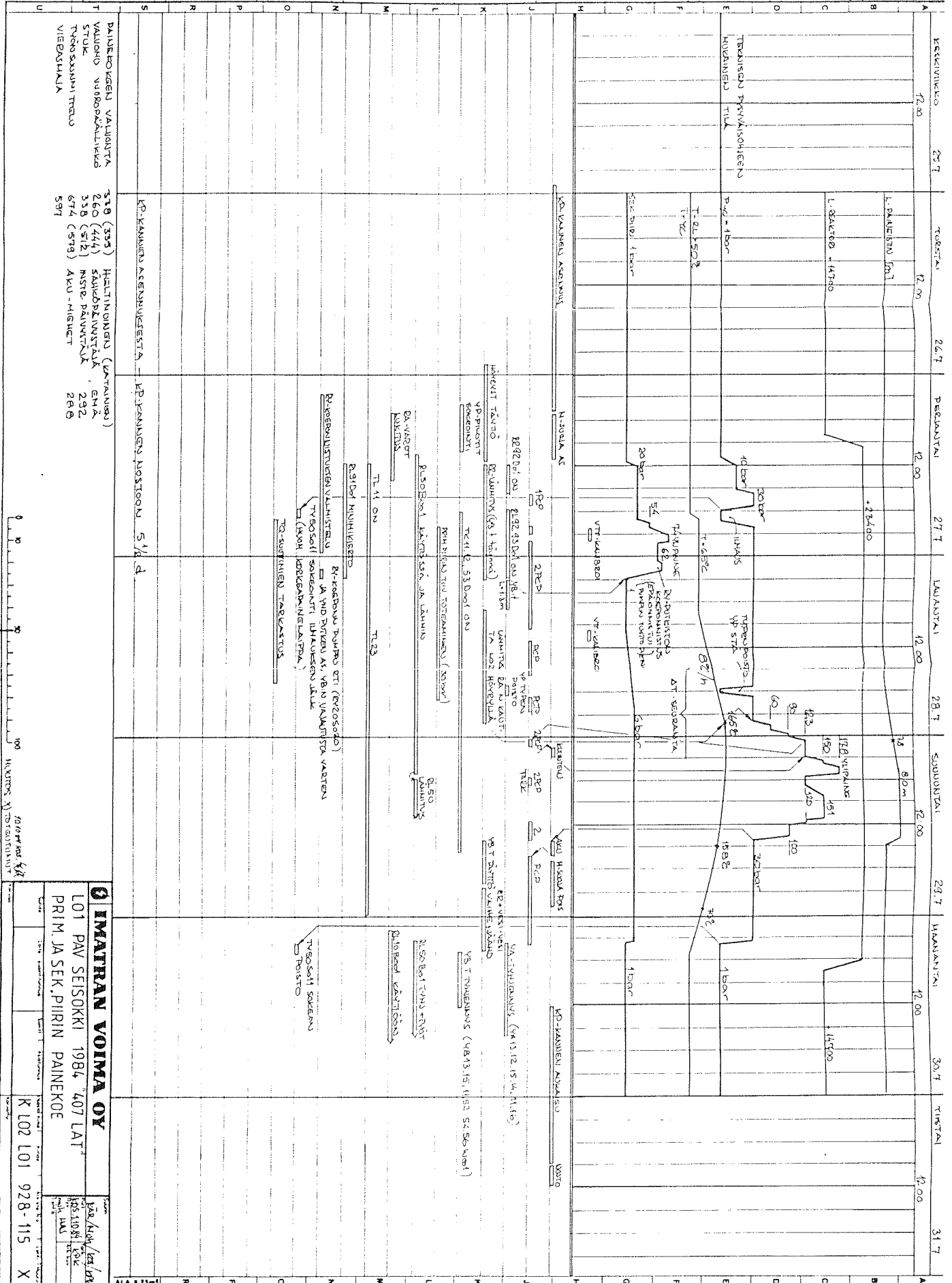
KOKEMUKSET

Painekokeen toteutus sellaisena kuin se LO1:llä toteutettiin ei ole teknisesti vaikeaa, joskin se vaatii runsaasti ylimääräistä työtä.

Aikataulun kannalta kokeen suoritus merkitsee 5-6 vrk pidennystä revisioon.

Asiantuntijat eivät ole yksimielisiä painekokeen vaikutuksesta reaktoripaineastiaan. Kuitenkin näin laajana suoritettulla painekokeella on eittämättä merkitystä laitoksen käytettävyyteen. Kokeessa tulee koestettua runsaasti putkistoja ja tiivisteitä joiden käynninaikainen vaurioituminen johtaisi kylmäseisokkin.

toim. Klaus Sjöblom



318 (539) HALLINONIN (UHTAVUO)
 260 (444) SAHOKKALIVUOKA, ENÄ
 338 (512) NESTE PAINETUKA 292
 674 (579) AKU-HUICET 266
 591 VIEDEKALA

KP-KANNEN ASENNUKSESTA - KP-KANNEN NOSTON S/1/4

IMATRAN VOIMA OY

L01 PAV SEISOJKI 1984 "407 LAT"
 PRIM JA SEK. PIIRIN PAINEKOE

K L02 L01 928-115 X



V. Ryhänen

1.10.1984

YJT:N TUTKIMUSOHJELMA VUODEKSI 1985

Imatran Voima Oy:n ja Teollisuuden Voima Oy:n ydinjätehuollon tutkimuksia koordinoiva Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta jätti syyskuun lopussa kauppa- ja teollisuusministeriölle vuoden 1985 tutkimusohjelman. Ohjelma on jatkoa jo kuudetta vuotta käynnissä olevalle YJT:n tutkimustoiminnalle.

YJT:n tutkimustoiminnan tarkoituksena on hankkia riittävät lähtötiedot ydinjätehuollon toimenpiteiden toteuttamiseksi oikea-aikaisesti turvallisella ja taloudellisella tavalla. Vuoden 1985 tutkimusohjelma noudattaa niitä periaatteita ja aikatauluja, jotka on esitetty valtioneuvoston 10.11.1983 tekemässä ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteita koskevassa periaatepäätöksessä sekä voimalaitosyksiköiden uusissa käyttöluvuissa. Ohjelma painottuu voimakkaasti loppusijoitustutkimuksiin.

Aikataulun mukaan Loviisan ja Olkiluodon keski- ja matala-aktiivisten voimalaitosjätteiden loppusijoitustiloja koskevat alustavat turvallisuusselosteet laaditaan vuoden 1986 loppuun mennessä ja sijoitustilat rakennetaan tarvittaessa valmiiksi vuoden 1992 loppuun mennessä. Vuoden 1985 ohjelmassa keskeisellä sijalla ovat alustavia turvallisuusselosteita varten tehtävät turvallisuusanalyysit ja niissä tarvittavien lähtötietojen määrittäminen.

Olkiluodon käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen liittyvät tutkimukset tähtäävät loppusijoituspaikan valintaan vuoden 2000 loppuun mennessä ja loppusijoituksen aloittamiseen tarvittaessa vuonna 2020. Vuoden 1985 ohjelman keskeisiä aiheita ovat selvitykset sijoituspaikkatutkimusten kohdealueista, valmiuden kehittäminen paikkatutkimuksiin koareiän avulla sekä teknisten ratkaisujen ja turvallisuusanalyysien saattaminen ajan tasalle.

Vuoden 1985 tutkimusohjelman kustannusarvio on 16,4 miljoonaa markkaa. Tutkimukset tehdään edellisten vuosien tapaan voimayhtiöissä, tutkimuslaitoksissa, korkeakouluissa ja konsulttiyrityksissä sekä kansainvälisissä yhteistyöprojekteissa.

Tutkimusohjelma on saatavissa Imatran Voima Oy:stä ja Teollisuuden Voima Oy:stä.



Heikki Raumolin

**TVO:N KÄYTETYN POLTTOAINEEN VÄLIVARASTON
RAKENNUSTYÖT OVAT KÄYNNISTYNEET RIPEÄSTI**

Teollisuuden Voima Oy (TVO) varautuu käytetyn ydin-
polttoaineen huollossaan varastoimaan Olkiluodon
voimalaitoksen tuottaman käytetyn polttoaineen
siihen saakka, kunnes käytetty polttoaine voidaan
loppusijoittaa Suomen kallioperään tai toimittaa
pysyvästi ulkomaille. Varautuminen pitkään väli-
varastointiin on valtioneuvoston marraskuussa 1983
tekemän ydinjätehuollon tavoitteita ja aikataulua
koskevan periaatepäätöksen mukaista.

Koska Olkiluodon voimalaitoksella olevien varasto-
altaiden varastotilat täyttyvät 1980-luvun lopulla,
TVO käynnisti vuonna 1981 lisävälivaraston suunnit-
telun. Olkiluotoon rakennettavan erillisen varaston
nimeksi otettiin KPA-VARASTO. Suunnittelijaksi
valittiin Imatran Voima Oy (IVO). Vuoden 1982
lopussa toimitettiin alustava turvallisuusseloste
säteilysuorituslaitokselle. Rakennuslupahake-
mus jätettiin Eurajoen rakennuslautakunnalle elo-
kuussa 1983. Rakennuslupa saatiin helmikuun lopus-
sa ja STUK:n rakentamispäätös maaliskuun alussa
vuonna 1984.

Lupakäsittelyjen loppuvaiheissa TVO oli jo tehnyt
rakennuspäätöksen ja hankkinut aluerakennusurakka-
tarjoukset. Niinpä heti lupien saamisen jälkeen
TVO sopi Teräsbetoni Oy:n kanssa aluetöiden teke-
misestä. Työt alkoivat Olkiluodossa maaliskuussa
1984.

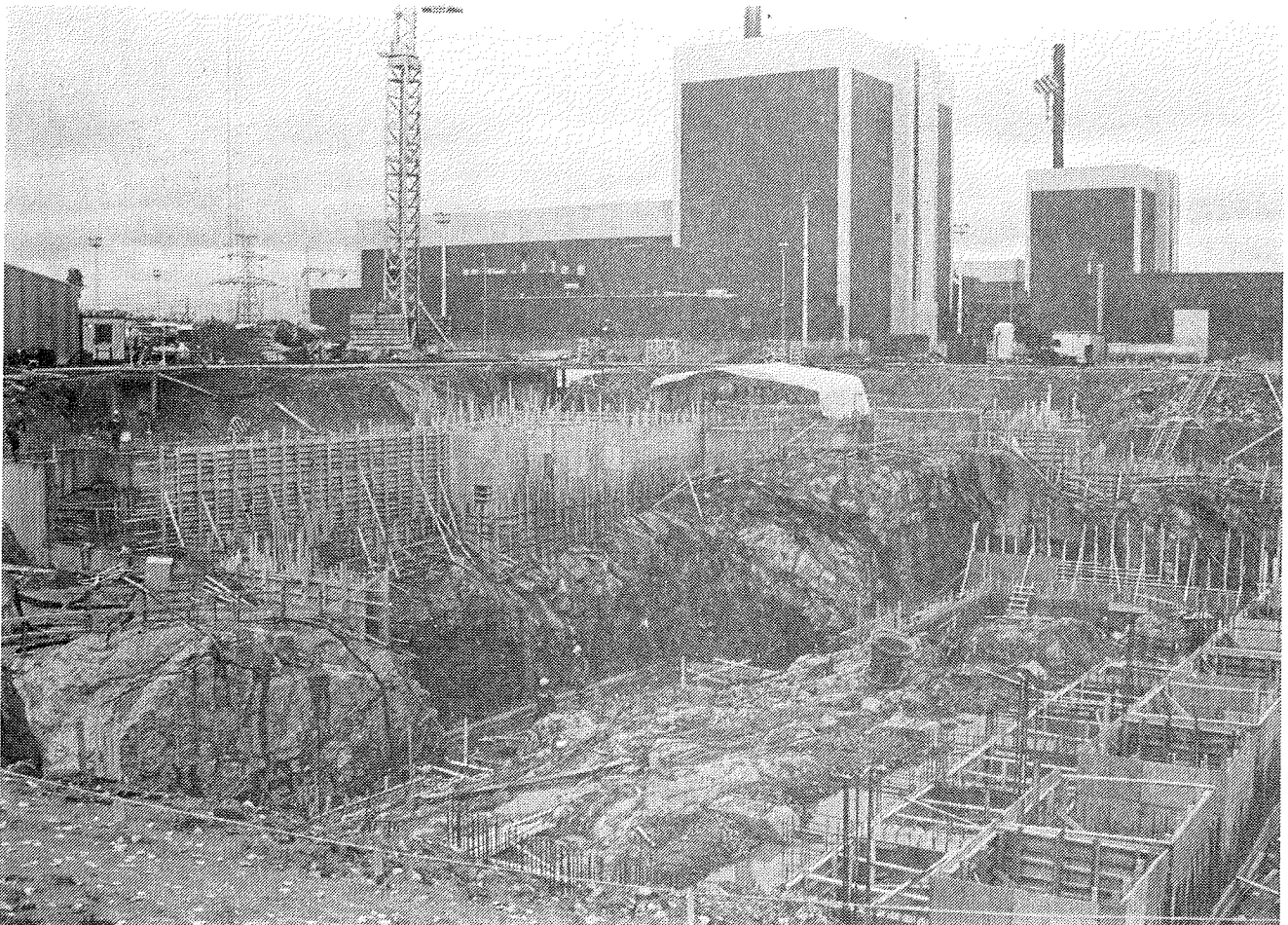
Aluerakennustyöt eli kaivuu, louhinta ja työmaa-
alueiden tasaus tehtiin pääpiirteittäin valmiiksi
elokuuhun 1984 mennessä. Niinpä TVO saattoi sopia
varsinaisten rakennustöiden tekemisestä Oy Yleisen
Insinööri-toimiston (YIT) kanssa elokuun alussa ja
rakennustyöt käynnistettiin välittömästi.

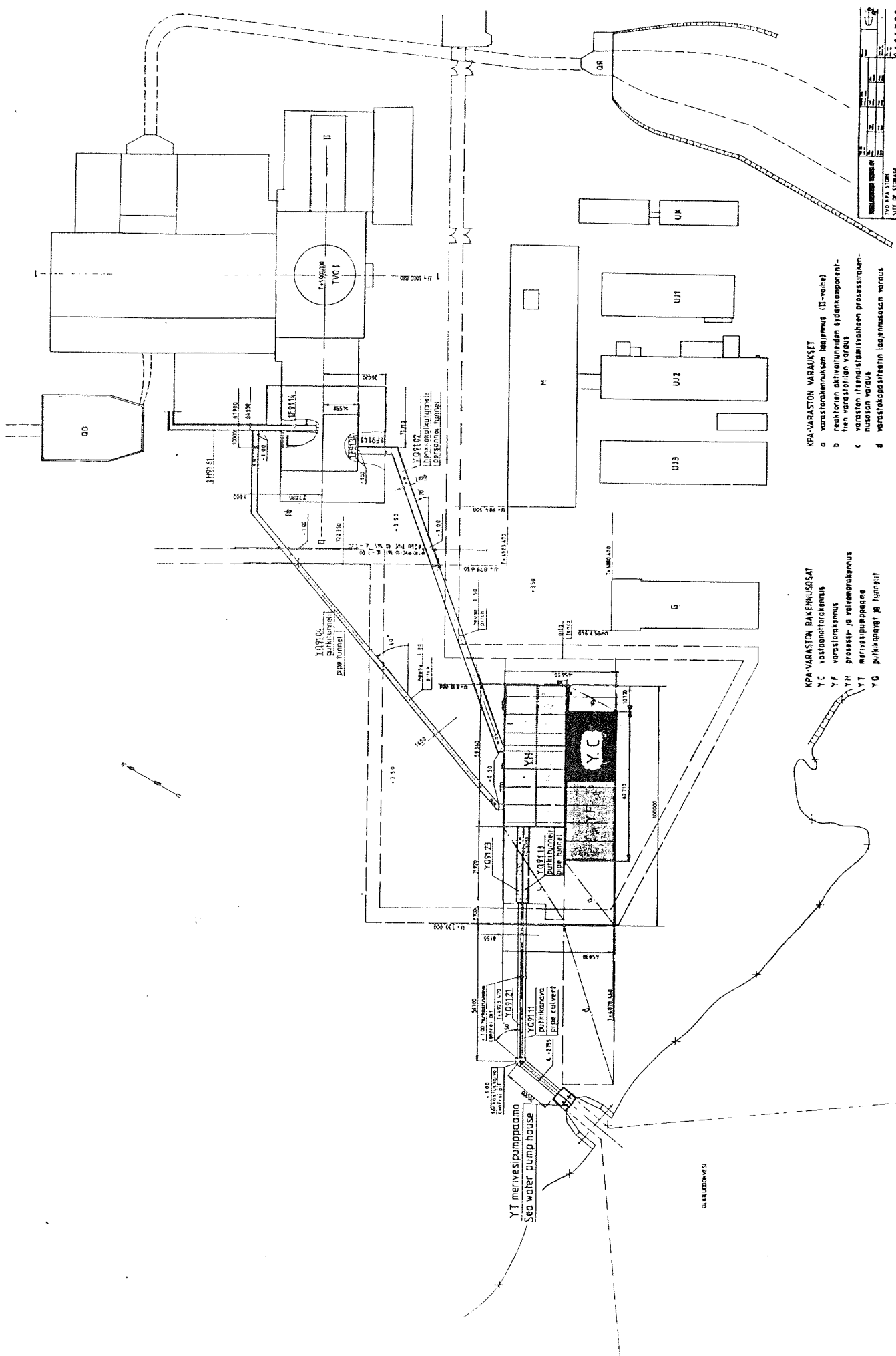
Tätä kirjoitettaessa (9.10.1984) rakennustyöt ovat
päässeet hyvään vauhtiin. Työmaan vahvuus on noin
80 henkilöä. TVO on perustanut muusta alueesta
erotetun työmaan Olkiluotoon TVO I:n länsipuolelle.
KPA-VARASTOa toteuttavan TVO:n projektiorganisaat-
tion osana siellä toimii erillinen työmaaorganisaat-
tio.

Rakennustöiden lisäksi TVO on tilannut varastohallin apunosturin, hissit ja eräitä säiliöitä ja putkia, jotka tarvitaan rakennustöiden aikana. Tarjoukset on pyydetty käytetyn polttoaineen siirtosäiliöstä, ilmastointiurakasta sekä kytkinlaitoksista ja tasasähkölaitteista. Valtaosa kyselyistä ja hankinnoista ajoittuu kuluvan vuoden loppuun ja ensi vuoden alkuun. Tärkeimpiä hankintoja ovat mm. polttoainetelineet, polttoaineen siirtokone, putkiurakka ja altaiden ruostumattomien teräsverhousten urakka.

KPA-VARASTON nyt rakenteilla oleva ensimmäinen vaihe valmistuu vuoden 1987 lopussa. Sen kustannusarvio on vuoden 1983 rahassa ilman rakennusaikaisia korkoja 250 milj. mk. Muiden vaiheiden (esim. kolme lisäällästä) toteutuksesta päätetään myöhemmin tarpeen mukaan.

Oheisissa liitteissä on esitetty KPA-VARASTON sijaintia ja teknillisiä tietoja.



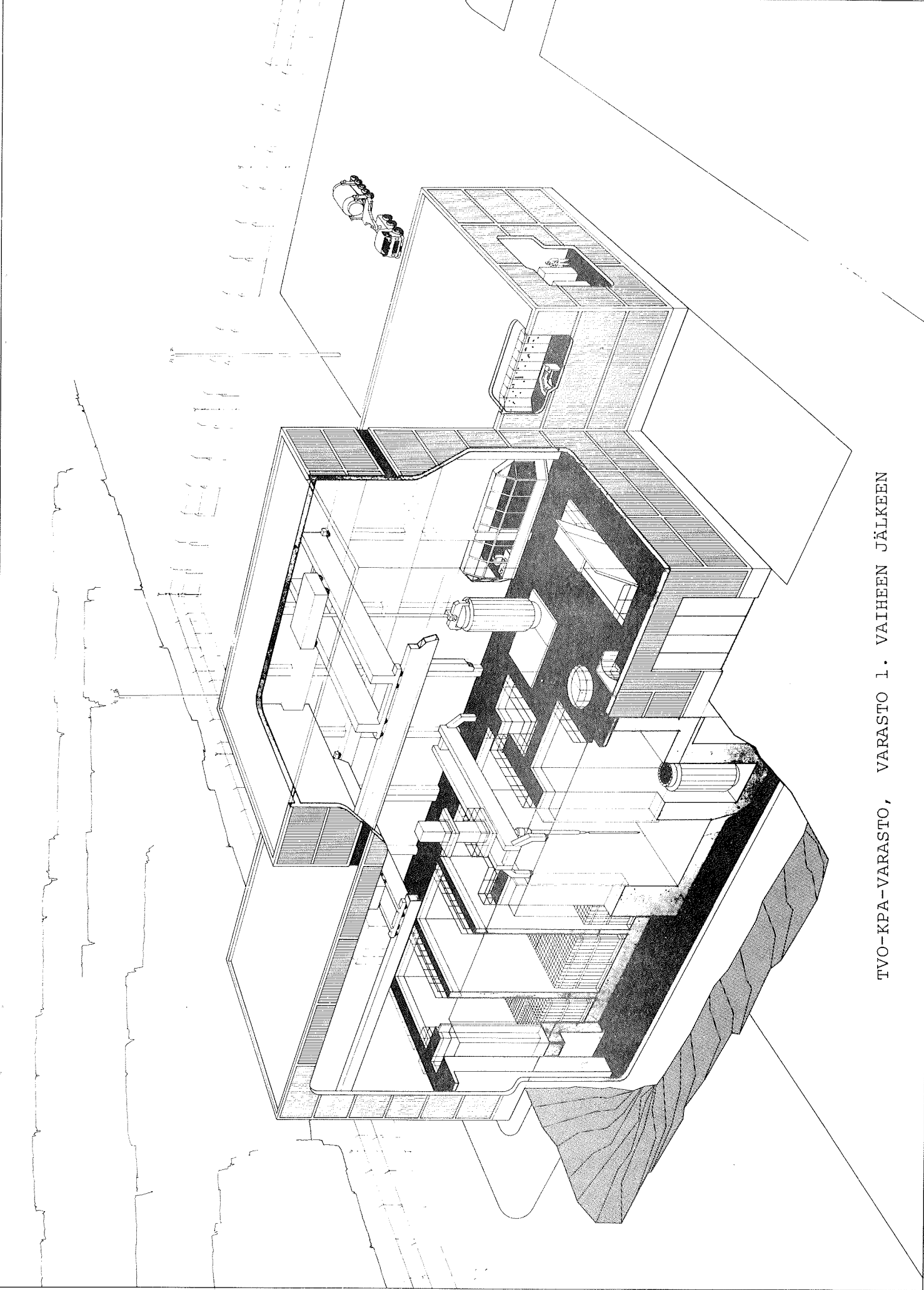


- KPA-VARASTON VARAUKSET**
- varastotalon seinien lämmitys (II-vaihe)
 - reaktorien aktiivisuuden sydänkomponenttien varastointin varaus
 - varaston lämmityksen lämmitysprosessin huonon varaus
 - varastotilat lämmityksen varaus
- KPA-STORE RESERVATIONS**
- reservoir of storage building (E-stage)
 - reservoir of activated core components of reactors
 - reservoir for process building section of storage independence stage
 - reservoir for extension section of storage

- KPA-VARASTON RAKENNUSOSAT**
- YC vastaanottorakennus
 YF varastorakennus
 YH prosessit ja valtuutusrakennus
 YI merivesipumppaamo
 YO putkikoppi ja liittymät
- BUILDING ELEMENTS OF KPA-STORE**
- YC reception building
 YF storage building
 YH process and control building
 YI sea water pump house
 YO pipe culverts and joints

YI merivesipumppaamo
Sea water pump house

OKKUUOKOUSTO



TVO-KPA-VARASTO, VARASTO 1. VAIHEEN JÄLKEEN

TVO - KPA - VARASTO, SUUNNITTELUPERUSTEET

- VARASTOKAPASITEETTI: TVO I:LTÄ JA TVO II:LTA
KOKO KÄYTTÖAIKANA KERTYVÄ POLTTOAINE
(30 VUOTTA, 1200 TU)
- TOTEUTUS USEASSA VAIHEESSA
- SUUNNITELTU KÄYTTÖIKÄ 60 VUOTTA
- YHDEN NIPUN VARASTOINTIAIKA ON KORKEINTAAN
40 VUOTTA
- SAMA LAATU- JA TURVALLISUUSTASO KUIN TVO I:LLÄ
JA TVO II:LLA
- VARASTOON TUODAAN POLTTOAINETTA MÄRKÄKULJETUS-
PERIAATTEELLA, POLTTOAINEEN ON OLTAVA VÄHINTÄÄN
VUODEN JÄÄHTYNYTTÄ
- POLTTOAINEEN POISKULJETTAMISTA VARTEN VARAUDUTAAN
TOISEN KUORMAUSLINJAN RAKENTAMISEEN
- JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ 2 X 100 %,
PUHDISTUSJÄRJESTELMÄ JA SÄHKÖNSYÖTTÖ OVAT
KAHDENNETTUJA
- VARASTOSSA KÄYTETÄÄN HYVÄKSI TVO I-LAITOKSEN
JÄRJESTELMIÄ
- VARAUDUTAAN VARASTON ITSENÄISTÄMISEEN
- VARAUDUTAAN VARASTON LAAJENTAMISEEN

TVO-KPA-VARASTO, TEKNISIÄ TIETOJA 1. VAIHEESTA

VARASTOKAPASITEETTI 600 TU

KÄSITTELYKAPASITEETTI 20 TU/VIIKKO

VARASTOALTAAT

- LUKUMÄÄRÄ 3 KPL

- VESITILAVUUS 850 M³/ALLAS

- VEDEN SYVYYS 12,5 M

- KÄYTTÖLÄMPÖTILA < 43 °C

JÄÄHDYTYS

- EPÄSUORA MERIVESIJÄÄHDYTYS 2 x 100 %

- JÄÄHDYTYSKAPASITEETTI 1100 kW (100 %)

- VIRTAUS 50 KG/S

PUHDISTUSJÄRJESTELMÄ

- SUODATTIMET 2 KPL PRECOAT

- ALLASVEDEN VAIHTUVUUS 1/72 H

SÄHKÖNSYÖTTÖ

- JÄNNITE 6,6 kV

- TEHO 2 MVA

RAKENNUKSET

- RAKENNUSPINTA-ALA 2780 M²

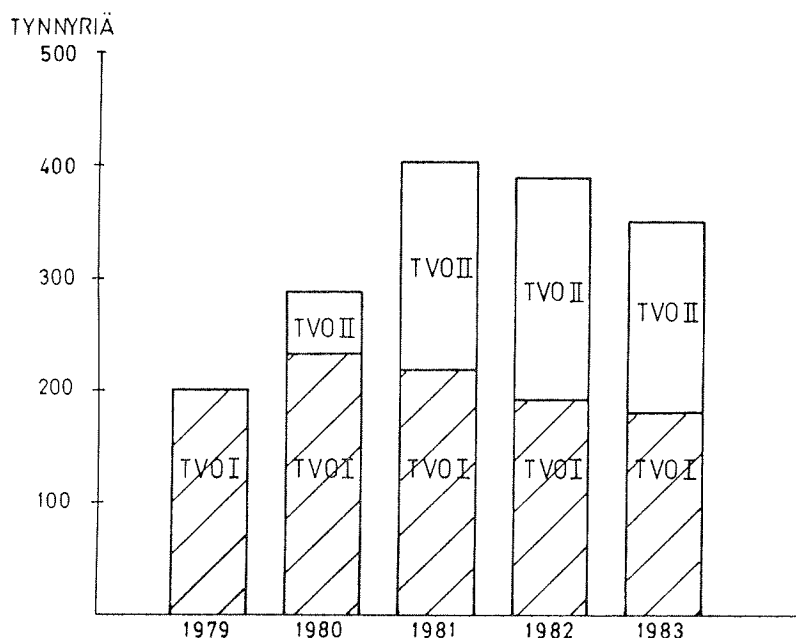
- TILAVUUS 66500 M³

OLKILUODON KESKIAKTIIVISTEN JÄTTEIDEN VÄLIVARASTO

Hannu Härkönen

Mitä enemmän ydinvoimalaitos tuottaa sähköä, sitä enemmän myös keskiaktiivista voimalaitosjätettä syntyy. Olkiluodon voimalaitoksella ollaankin nyt siinä tilanteessa, että keskiaktiivisten jätteen varastotilat voimalaitosyksiköillä alkavat täyttyä, ja lisää varastotilaa tarvitaan.

Olkiluodon voimalaitoksella prosessivesien puhdistus perustuu regeneroimattomien ioninvaihtimien käyttöön. Ruotsalaisen suunnitteluperiaatteen mukaan käytettyjen ioninvaihtomassojen varastosäiliöt on mitoitettu vain lyhytaikaista puskurivarastointia varten. Olkiluodossa nestemäiset jätteet pyritään kiinteyttämään mahdollisimman nopeasti. Kiinteyttäminen tapahtuu bitumoimalla. Prosessissa märkä hartsiliete aluksi kuivataan, kuiva hartsijauhe sekoitetaan kuumaan juoksevaan bitumiin, ja seos valutetaan 200 litran terästynnyreihin. Jäähtyessään tynnyreissä bitumi jähmettyy, ja lopputuloksena syntyy kiinteä, homogeeninen jätetuote. Bitumoidun jätteen kertymä Olkiluodossa vuosina 1979 - 1983 on esitetty oheisessa pylväsdiagrammissa (kuva 1).

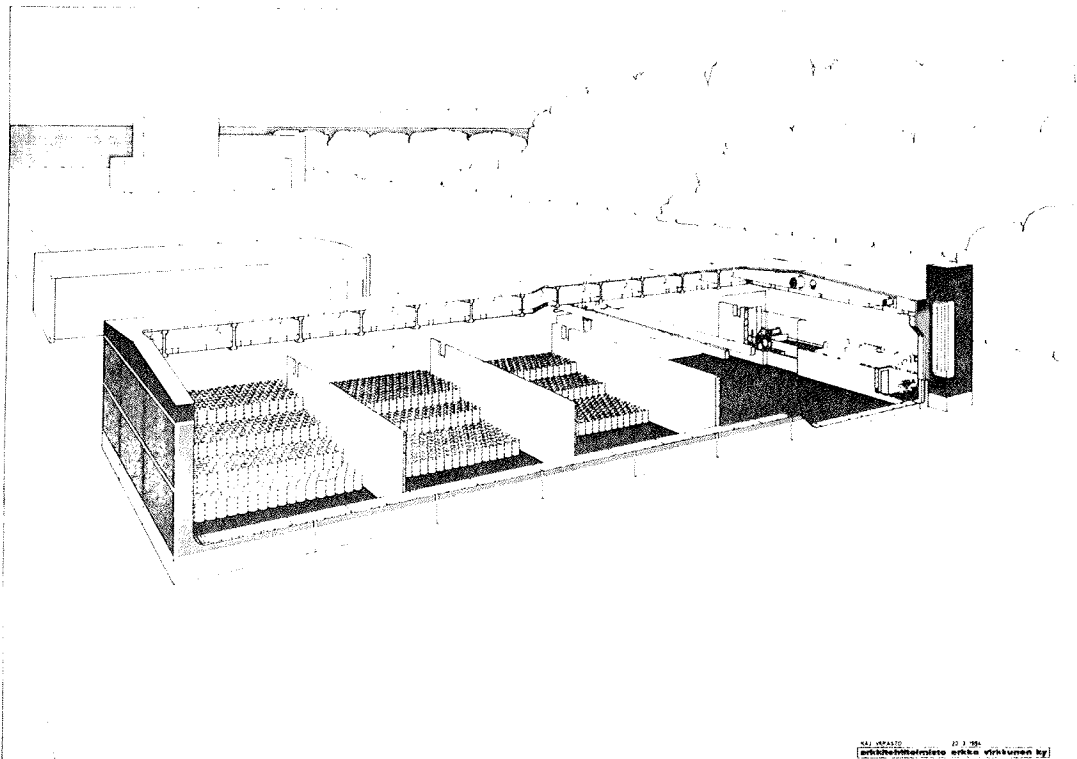


Kuva 1. Bitumoidun jätteen kertyminen Olkiluodossa vuosina 1979 - 1983

TVO I:llä on tällä hetkellä noin 1100 tynnyriä ja TVO II:lla noin 700 tynnyriä bitumoitua jätettä. Kummallakin laitoksella on varastotilaa noin 1000 keskiaktiiviselle ja 500 matala-aktiiviselle jätetynnyrille. TVO I:llä osa bitumitynnyreistä on varastoitu matala-aktiivisen jätteen varastotilaan. Pääosa matala-aktiivisesta jätteestä on puolestaan siirretty vuonna 1982 valmistuneeseen matalaaktiivisten jätteiden välivarastoon, MAJ-varastoon. TVO I:llä riittää siten varastotilaa bitumoidulle jätteelle vielä noin yhdeksi vuodeksi.

Voimalaitosjätteiden loppusijoitus voi alkaa Suomessa aikaisintaan 1990-luvun alkupuolella. Olkiluodon bitumoidun jätteen varastointitarvetta ei siten voi tyydyttää millään tilapäisillä järjestelyillä. Siksi TVO on päättänyt rakentaa Olkiluotoon erillisen keskiaktiivisen jätteen välivaraston. MAJ-varaston viereen nousee vuosina 1984-85 KAJ-varasto.

KAJ-varaston periaate on esitetty kuvassa 2. Varasto-osa on jaettu neljään osastoon, joista kolme on tarkoitettu bitumoidulle jätteelle ja yksi kontaminoituneelle metallijätteelle. Tynnyrivarasto-osastoihin mahtuu neljään kerrokseen pinottuna noin 2000 tynnyriä kuhunkin. Metallijäteosaston tilavuus on noin 2000 m³.



Kuva 2. Olkiluotoon rakennettava KAJ-varasto

Tynnyrivarasto-osaston säteilysuojauksesta ulospäin huolehtivat 750 mm paksut betoniseinät. Myös varasto-osan välikatto tehdään betonista. Sen paksuus on 350 mm, mikä mahdollistaa lyhytaikaiset huolto- ja korjaustyöt varaston "ullakkotilassa". Varasto-osastot on erotettu toisistaan väliseinin, jotka suojaavat varaston purkutilaa katon kautta ja ilmasta siroavalta säteilyltä.

Jätetynnyrit siirretään kuljetusajoneuvosta varasto-osaan kauko-ohjattavalla siltanosturilla. Metallijäteosastoon voidaan tuoda jätepakkauksia myös trukilla.

Varastoa lämmitetään tarvittaessa niin, etteivät jätetynnyrit pääse talvellaan jäätymään. Lämmitys- ja ilmastointijärjestelmän avulla suhteellisen ilmankosteuden vaihtelut varastossa pidetään hallinnassa niin, ettei tynnyreiden ruostumista pääse tapahtumaan pitkäaikaisenkaan varastoinnin kuluessa.

Vaikka bitumi sinänsä on palavaa materiaalia, ei tynnyreihin pakattu bitumoitu jäte syty helposti. Suoritetuissa palokeissa on todettu, että jätetynnyreitä täytyy kuumentaa pitkään ennenkuin bitumi alkaa kaasuuntua ja voi syttyä palamaan tynnyrin ulkopuolella. KAJ-varastossa ei ole mitään palavaa materiaalia niin paljon, että sen palaminen voisi johtaa bitumoidun jätteen syttymiseen. Siitä huolimatta varasto-osa varustetaan paloilmallisilla ja tarpeen vaatiessa laukaistavalla sprinkler-järjestelmällä.

KAJ-varaston rakennustyöt aloitettiin elokuussa 1984. Varasto on tarkoitus saada valmiiksi toukokuussa 1985. Rakennustyöt tekee rakennusliike A. Lampola Ky. Varaston kustannusarvio on noin 6,5 miljoonaa markkaa. Yhdessä MAJ-varaston kanssa KAJ-varasto kattaa TVO:n voimalaitosjätteiden välivarastointitarpeen 1990-luvun puoliväliin saakka.

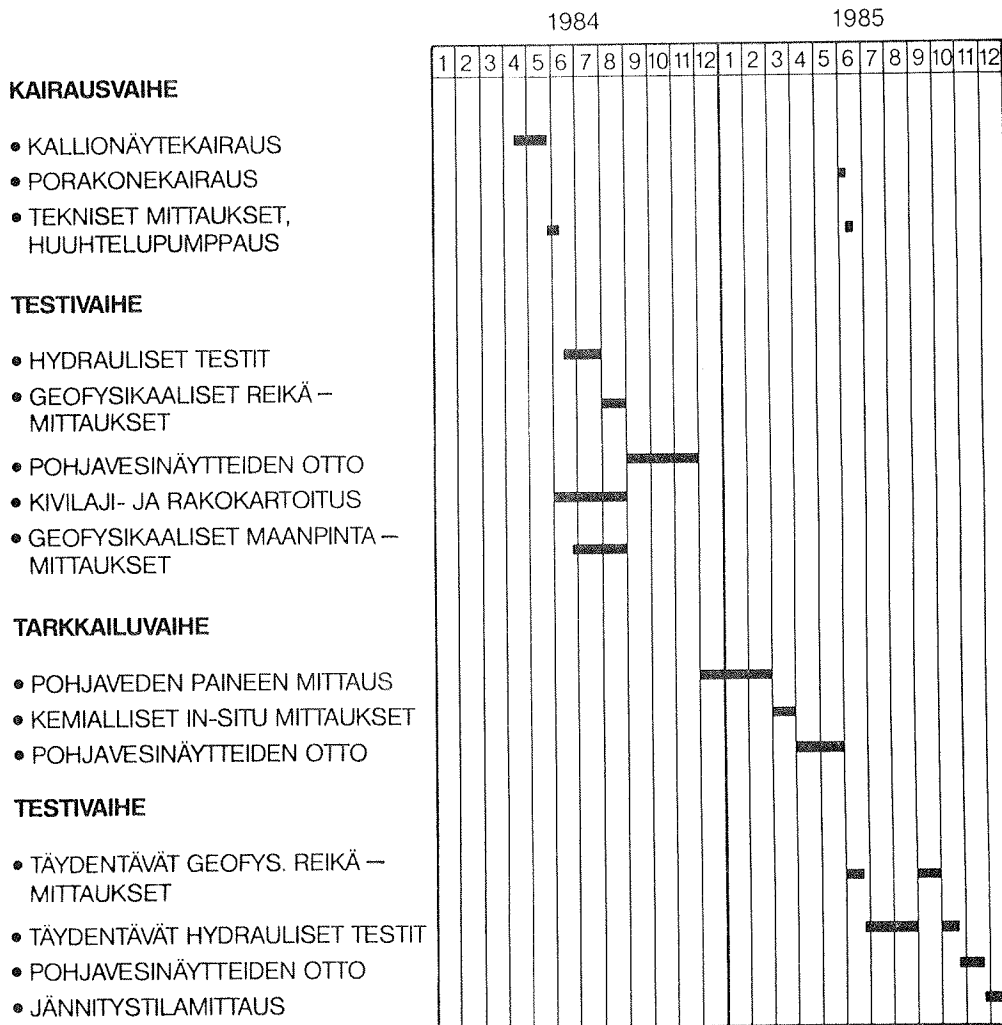


TILANNEKATSAUS LAVIAN KOEREIKÄOHJELMAN EDISTYMISESTÄ

Teollisuuden Voima Oy varautuu Olkiluodon voimalaitoksen ydinjätehuollossa käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen Suomessa. Valtioneuvoston tekemässä periaatepäätöksessä /1/ on esitetty tavoitteet ja aikataulu tähän liittyvälle tutkimustoiminnalle. Sen mukaisesti sijoituspaikkatutkimukset käynnistyvät vuonna 1986 ja niiden tavoitteena on loppusijoituspaikan valinta vuoden 2000 loppuun mennessä. Valmius loppusijoituksen käynnistämiseen on oltava vuonna 2020.

Vuosina 1983-85 valmistaudutaan sijoituspaikkatutkimuksiin siten, että käytettävissä olevan geologisen ja muun tutkimusaineiston perusteella laaditaan selvitys paikkatutkimuksiin soveltuvista alueista sekä siten, että tutkimusmenetelmiä ja -laitteita kehitetään ja testataan.

Tulevien sijoituspaikkatutkimusten erikoispiirteinä ovat syvien kairausreikien avulla tehtävät kallioperätutkimukset. Osa rei'istä kairataan 500-1000 metrin pituisiksi. Tällaisista syvissä rei'issä tehtävistä kallioperätutkimuksista ei Suomessa ole kokemuksia aikaisemmilta vuosilta. Kokemusten saamiseksi ennen vuotta 1986 kairattiin viime keväänä Laviaan yksi syvä reikä, ns. koereikä. Tämän avulla kehitetään ja testataan tämän ja ensi vuoden aikana tutkimusmenetelmiä ja -laitteita, joita tarvitaan tulevana vuosina sijoituspaikkatutkimuksissa /2/. Koereiän kairaus- ja tutkimusohjelman aikataulu on esitetty kuvassa 1. Ohjelman suunnittelussa ja koereiässä testattavien tutkimusmenetelmien valinnassa käytettiin hyväksi ulkomailta vastaavista tutkimuksista saatuja kokemuksia /3-6/. Seuraavassa on yhteenveto tähänastisista tutkimuksista ja jatkosuunnitelmista.

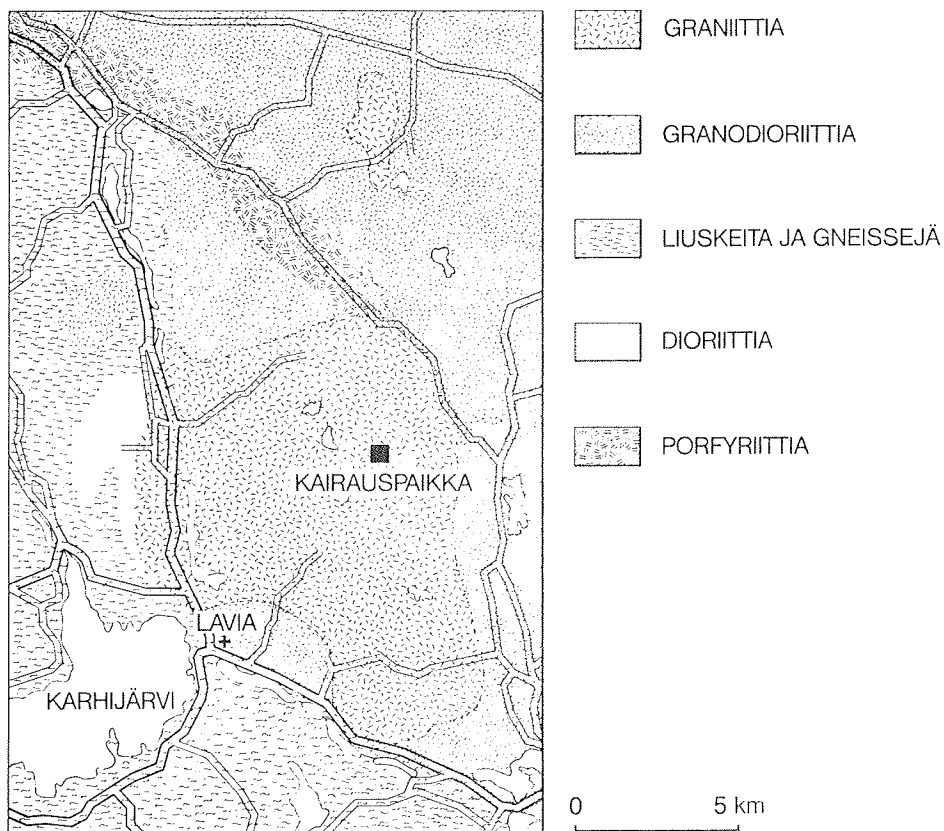


Kuva 1. Koereiän kenttätöiden aikataulu

Kairaus

Koereiän kairauspaikaksi valittu Lavian Katossuon kallioalue kuuluu osana noin 10 x 15 km:n suuruisen graniittimuodostumaan (kuva 2). Kairauspaikan pääkivilajit ovat porfyyrigraniitti ja kvartsidioriitti. Kairauspaikka on avokallioaluetta.

Kairaus käynnistyi huhtikuun puolivälissä ja saatiin päätökseen toukokuun lopulla. Kairauksen suoritti Suomen Malmi Oy tavanomaisella kallionäytekairstekniikalla /7/. Reiän pituus on 1001 metriä ja halkaisija 56 mm. Reikä kairattiin 10 asteen kulmassa pystysuuntaan nähden.



Kuva 2. Kairauspaikan sijainti Lavian graniittimuodostumassa Katossuon alueella.



Kuva 3. Kairaus käynnissä huhtikuussa 1984

Syvän reiän kairauksessa käytetty huuhteluvesi otettiin alueelle kairatusta porakaivosta. Huuhteluvedessä käytettiin merkkiaineena jodidia, jotta myöhemmissä pohjaveden kemiallista laatua koskevissa tutkimuksissa voidaan todeta, onko kairauksessa käytettyä vettä jäljellä kalliiossa. Kallioon syötetyn ja sieltä palautuvan huuhteluveden määrää ja laatua seurattiin koko ajan.

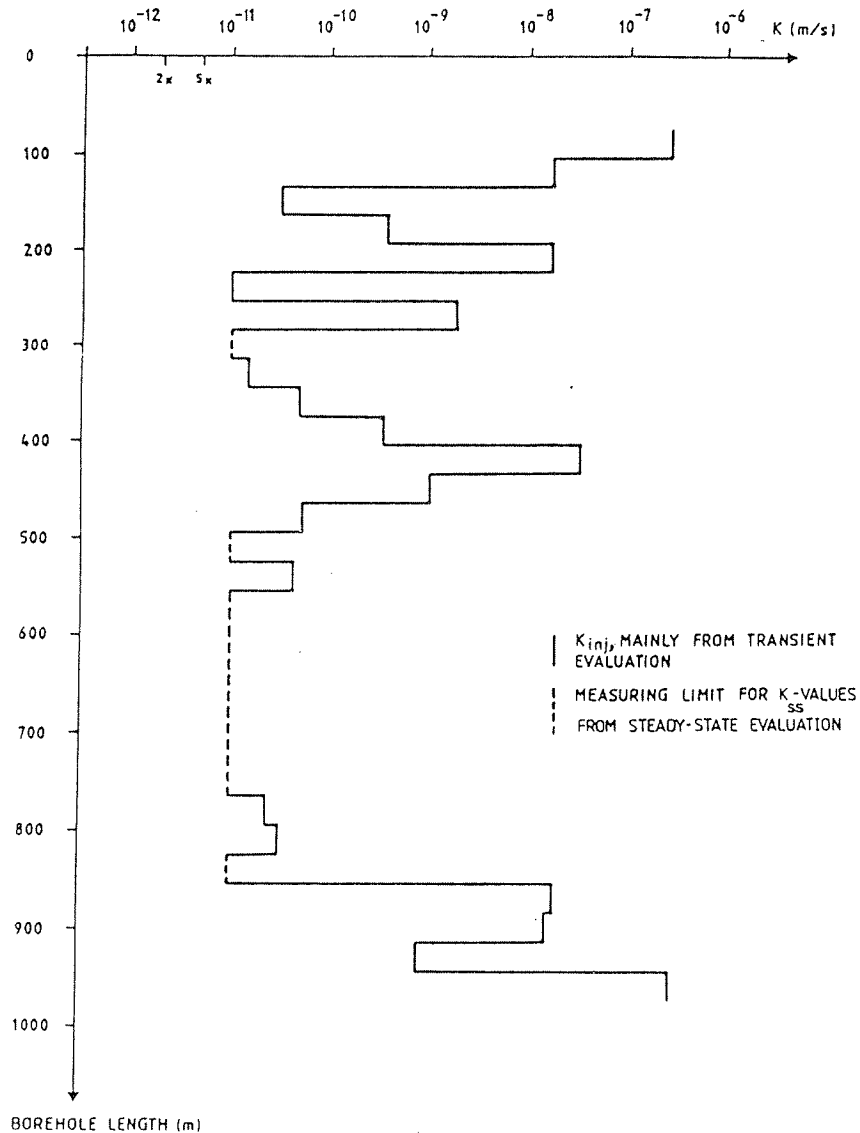
Kairauksen aikana kartoitettiin myös kallionäytteiden geologiset ominaisuudet (mm. kivilajit ja raot) ja näytteille tehtiin kalliomekaanisia määrityksiä. Kairauksen päätyttyä mitattiin reiän sivusuunta- ja pystypoikkeamat sekä suoritettiin reiän huuhtelupumppaus.

Kallionäytteille tehdään jatkotutkimuksia Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa (kalliomekaaniset kokeet) ja Geologian tutkimuskeskuksessa (petrografis-mineralogiset tutkimukset).

Vedenjohtavuuskokeet

Käytetyn polttoaineen loppusijoituksen turvallisuuden kannalta keskeisen tekijän muodostavat kallioperässä vallitsevat pohjavesiolosuhteet. Kallioperän vettäjohtavien osien sijaintia ja ominaisuuksia tutkitaan vedenjohtavuusmittausten eli ns. hydraulisten kokeiden avulla. Näiden kokeiden merkitys tulee olemaan keskeinen sijoituspaikkatutkimuksissa arvioitaessa kalliomuodostumien soveltuvuutta loppusijoitukseen.

Syvissä rei'issä tehtäviin vedenjohtavuusmittauksiin soveltuvia laitteistoja ei Suomessa tällä hetkellä ole käytettävissä. Koereian vedenjohtavuusmittauksissa käytettiin ruotsalaista laitteistoa (ns. Multivagn), joka on jo useita vuosia ollut käytössä Ruotsissa käytetyn polttoaineen sijoituspaikkatutkimuksissa. Mittaukset suoritti Svensk Kärnbränslehantering AB kesä-heinäkuun vaihteessa.



Kuva 4. Kallion vedenjohtavuusarvot eri syvyyksillä /8/.

Vedenjohtavuusmittaus tehtiin kerrallaan 30 metrin pituiselle reikäosuudelle siten, että ko. vyöhyke eristettiin muusta reiästä paisutettavien tulppien avulla ja siihen pumpattiin vettä vakioaineella /8/. Kallioon virtaavan veden määrä mitattiin ajan funktiona, ja pumppauksen päätyttyä seurattiin paineen palautumista alkuperäiselle tasolle. Yhden vyöhykkeen mittaukset kestivät 4,5 tuntia. Myös vedenjohtavuuskokeissa käytettiin jodidilla merkittyä vettä.

Vedenjohtavuuskokeiden tuloksena saadaan mm. kallion vedenjohtavuusarvot (ns. K-arvot), jotka on koereiän osalta esitetty kuvassa 4. Kallion pintaosasta syvemmälle mentäessä vedenjohtavuus pienenee saavuttaen noin 300 metrin syvyydessä laitteiston mittausrajan (noin 10^{-11} m/s). Sen jälkeen vedenjohtavuus kasvaa 400 metrin alapuolelle saakka. Välillä 500-850 m vedenjohtavuus on hyvin alhainen kasvaen jälleen reiän pohjaosassa.

Geofysikaaliset mittaukset

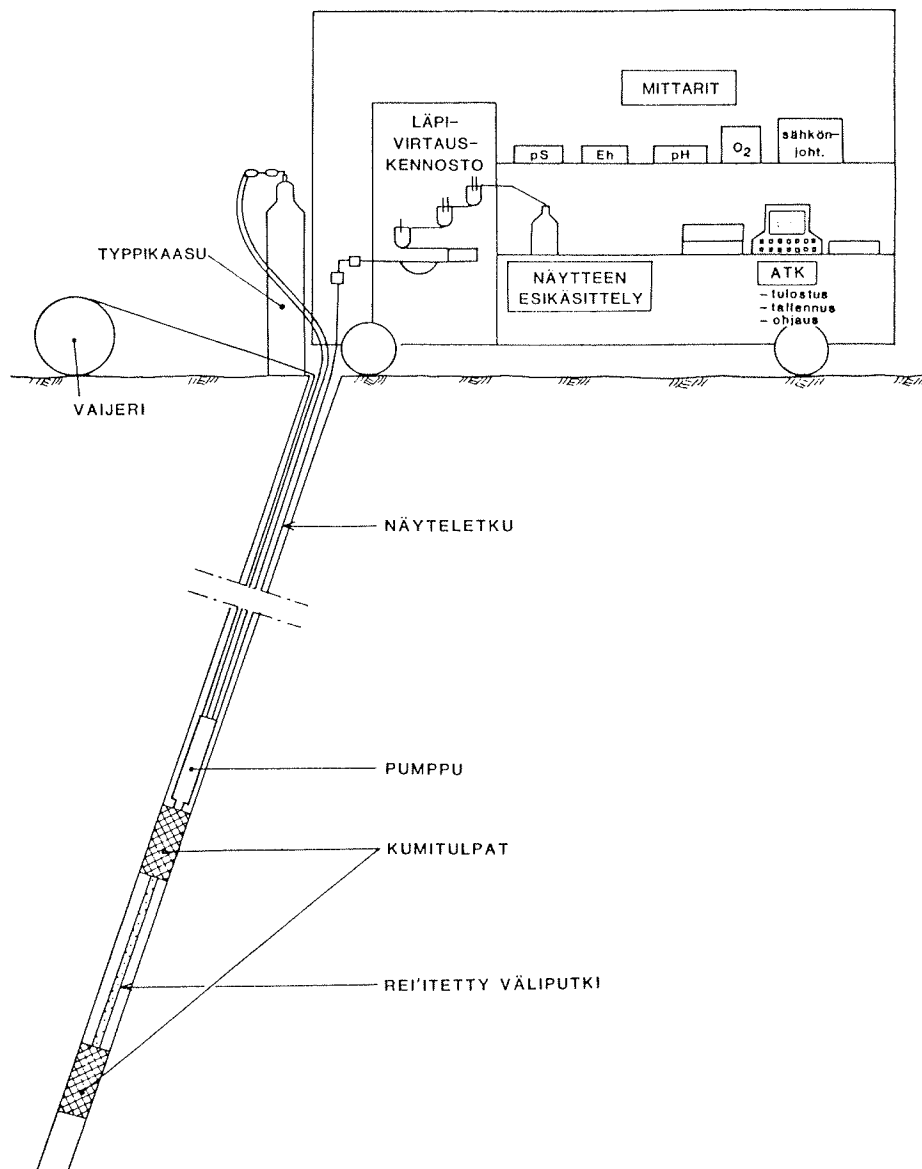
Koereiässä tehdyissä geofysikaalisissa mittauksissa käytettiin erilaisia sähköisiä, magneettisia, akustisia ja radiometrisiä menetelmiä. Näillä mittauksilla saadaan tietoa lähinnä kallio-perän kivilaji- ja rakoiluominaisuuksista. Tulokset täydentävät niitä tietoja, jotka saadaan vedenjohtavuuskokeista ja kallionäytteille tehtävistä tutkimuksista.

Kesän 1984 aikana tehtiin koereiässä seuraavat geofysikaaliset mittaukset: kallion ominaisvastus (normaali- ja Wenner-järjestelmä), pistevastus, veden ominaisvastus, omapotentiaali, susceptibiliteetti, SIROTEM, akustinen nopeus, luonnollinen gamma-säteily, gammasäteilyn takaisinsironta, neutronisäteilyn takaisinsironta, lämpötila ja reiän halkaisija. Myöhemmin vuoden 1984 aikana tehdään vielä putkiaaltomittaus.

Pääosan mittauksista ovat tehneet Svensk Kärnbränslehantering AB ja Suomen Malmi Oy. Lisäksi yksittäisiä mittauksia ovat tehneet Geologian tutkimuskeskus ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Pääosa tulkintatyöstä tehdään Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa.

Vesinäytteiden otto

Kallioperän pohjaveden kemiallisen koostumuksen selvittäminen kuuluu tärkeänä osana sijoituspaikkatutkimuksiin, sillä kemialliset olosuhteet loppusijoitustilassa vaikuttavat monella tavalla loppusijoituksen turvallisuuteen (mm. kapselin korroosio, radionuklidien liukoisuudet). Lisäksi pohjaveden kemiallisesta koostumuksesta saatavia tietoja käytetään muiden kallioperätutkimusten rinnalla selvitetessä pohjaveden liikku- mista ja viipymää kalliossa. Pohjaveden koostumus saadaan selville ottamalla vesinäytteitä kairausrei'istä ja tutkimalla näytteet laboratoriossa.



Kuva 5. Kaaviokuva tämän vuoden aikana rakennetusta vesinäytelaitteistosta

Koereiän vesinäytteenotot käynnistyivät syyskuun lopulla ja ne jatkuvat tänä vuonna marraskuuhun saakka. Näytteet otetaan kuvan 5 mukaisella laitteistolla, jonka Imatran Voima Oy on rakentanut tämän vuoden aikana Teollisuuden Voima Oy:lle.

Laitteiston reiässä oleva osa koostuu kahdesta paisutettavasta tulpasta, niiden välisestä rei'itetystä putkesta sekä pumpusta. Näytteenottoväli, jonka pituudeksi voidaan säätää esimerkiksi 5 metriä, eristetään muusta reiästä tulppien avulla. Pohjavesi virtaa rei'itetyn putken kautta ylempänä olevaan pumppuun ja siitä edelleen maanpinnalle johtavaan letkuun. Pumpussa olevaan kumikalvoon synnytetään typpikaasun paineen avulla sykäksiä, jotka siirtävät vesinäytteen letkua pitkin maanpinnalle. Pumpausnopeus on suurimmillaan muutamia litroja tunnissa riippuen mm. kalliosta saatavan veden määrästä ja näytteenottokohdan syvyydestä.

Maanpinnalla vesinäyte johdetaan kenttälaboratorioksi rakennetussa vaunussa olevaan läpivirtauskennostoon, jossa mitataan välittömästi veden happi- ja sulfidipitoisuudet, sähkönjohtavuus, hapetus-pelkistyspotentiaali (Eh) sekä happamuusaste (pH). Nämä ominaisuudet ovat herkkiä muuttumaan näytettä käsiteltäessä ja kuljetettaessa, joten heti näytteenottovaiheessa tehtävät mittaukset antavat näiden osalta luotettavimman tiedon kalliosta vallitsevista olosuhteista. Lisäksi kennostossa tehtävillä mittauksilla voidaan jatkuvasti seurata, tapahtuuko pumpattavan veden laadussa olennaisia muutoksia. Pumpun toimintaa ja kennostossa tehtäviä mittauksia ohjaa ATK-laitteisto, jonka avulla lisäksi tallennetaan mittaustulokset ja olennaiset tiedot näytteenotosta.

Kennostossa tehtävien mittausten jälkeen vesinäytteet pullotetetaan ja esikäsitellään laboratorioihin kuljetusta varten. Koereiästä otettaville näytteille tehdään pääosa analyysistä kotimaisissa laboratorioissa ja lisäksi muutamia kaasuja isotooppianalyysijä Saksan liittotasavallassa ja Ranskassa.

Syksyn 1984 aikana pohjavesinäytteitä on suunniteltu otettavaksi koereiästä useasta eri kohdasta, joista syvin on noin 970 metrin tasolla /9/. Ennen näytteenottoa pohjavettä pumpataan kultakin näytteenottosyvyydeltä suhteellisen paljon pois, jotta kairauksesta ja vedenjohtavuuskokeista peräisin olevan veden osuus saataisiin kalliossa mahdollisimman pieneksi. Kyseinen osuus saadaan selville jodidimääritysten perusteella.

Maanpintatutkimukset

Maanpinnalta tehtävien tutkimusten tarkoituksena on täydentää kairauksesta ja reikämittauksista saatavaa tietoutta kallio-perän rakenteesta, kivilajeista ja rakoilusta. Näiden tutkimusten soveltuvuuden selvittämiseksi teki Geologian tutkimuskeskus kesän 1984 aikana kivilajija rakokartoituksen koereiän lähiympäristössä /10/ ja Suomen Malmi Oy geofysikaalisia maanpintamittauksia useilla eri menetelmillä (magnetometraus, VLF, slingram, SIROTEM, indusoitu polarisaatio) /11/.

Jatko-ohjelma

Koereiässä tehtävät tutkimukset jatkuvat vielä vuoden 1985 loppuun saakka. Meneillään olevan vesinäytteenottovaiheen päätyttyä on tarkoitus käynnistää reiässä pohjaveden paineen mittaukset. Mittaukset tehdään siten, että reikä suljetaan paisutettavien tulppien avulla usealta eri syvyydeltä ja sen jälkeen seurataan pohjaveden luonnollisen paineen (ns. pietsometrisen paineen) kehittymistä pohjavesiolosuhteiden hakeutuessa luonnolliseen tilaansa. Painemittausten tuloksia käytetään vedenjohtavuusmittausten rinnalla selvitettäessä pohjaveden liikkeitä kalliooperässä.

Vuoden 1985 aikana tehdään täydentäviä kokeita, kehitetään eri menetelmillä saatujen tulosten tulkintavalmiuksia, arvioidaan käytettyjen menetelmien soveltuvuutta sekä jatketaan laitekehitystyötä /12/. Syvän reiän läheisyyteen kairataan mahdollisesti porakonekairauksella 1-2 matalaa (100-300 metriä) reikää, joita käytetään reikien välisten tutkimusmenetelmien kokeiluun. Vedenjohtavuuskokeita, geofysikaalisia mittauksia ja pohjavesinäytteiden ottoa on suunniteltu jatkettavaksi vuoden 1985 aikana. Mahdollisuuksien mukaan tehdään myös kallion jännitystilamittauksia ja kemiallisia mittauksia reiässä. Näiden toteuttaminen riippuu kuitenkin siitä, onko sopivia laitteistoja saatavissa käyttöön vuoden 1985 aikana. Eri menetelmillä saatavien tulosten tulkintaa jatketaan ja tuloksia vertaillaan toisiinsa tavoitteena vuonna 1986 käynnistyvän paikkatutkimusohjelman tarkentaminen ja kehittäminen.

Vuonna 1984 käynnistettyä laitekehitystyötä jatketaan vuonna 1985. Tarkoituksena on kehittää ja rakentaa syviin reikiin soveltuva laitteisto kallioperän vedenjohtavuusmittauksia varten. Lisäksi selvitetään mahdollisuutta pohjaveden painemittaukseen soveltuvan monitulppalaitteiston rakentamiseksi Suomessa. Yleistavoitteena on keskeisimpien tutkimusmenetelmien osalta luoda kotimainen laite- ja mittausvalmius jo lähivuosien kuluessa.

Tähänastiset kokemukset

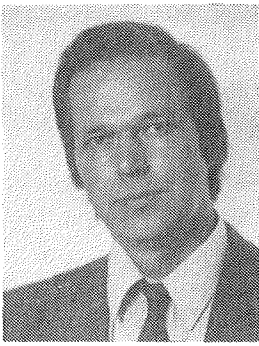
Vuoden 1984 aikana koereiän tutkimusohjelmaan ovat kuuluneet keskeiset menetelmät, joita tarvitaan käytetyn polttoaineen sijoituspaikkatutkimuksissa. Ohjelma on edennyt suunnitelman mukaisesti. Jo tähän mennessä saatujen kokemusten perusteella on koereiästä saatava hyöty vuonna 1986 käynnistyvien sijoituspaikkatutkimusten kannalta arvioitavissa hyvin merkittäväksi. Kokemuksia on saatu mm. erilaisista tutkimusmenetelmistä, kenttätöiden organisoinnista ja suorituksesta sekä laitekehityksestä.

Ohjelman valmistelusta ja edistymisestä on eri vaiheissa informoitu niin viranomaisia ja ydinjätealan tutkimusorganisaatioita kuin myös tiedotusvälineitä ja kairauspaikan lähiseudun asukkaita. Kairauksen ja tärkeimpien tutkimusvaiheiden aikana on mm. järjestetty mahdollisuuksia tutustua kenttätyöhön tutkimuspaikalla Laviassa. Tutkijat ovat kokeneet tutkimusmenetelmät ja niillä saatavat tulokset tieteellisesti kiinnostaviksi, sillä työ on monella tavalla uraa uurtavaa Suomessa. Kairaus synnytti alkuvaiheessa vilkasta keskustelua erityisesti kairauspaikan lähiseudun lehdistössä ja asukkaiden keskuudessa, samoin kuin on tapahtunut vastaavatyypisten tutkimusten yhteydessä aikaisempina vuosina useissa muissakin maissa. Tällä hetkellä näyttää siltä, että koereikätkätkimusten tarpeesta ollaan yksimielisiä ja niihin suhtaudutaan yleisesti varsin myönteisesti.

Viitteet

1. Valtioneuvoston 10.11.1983 tekemä periaatepäätös ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteista.
2. Äikäs T., Koereikä - tutkimusohjelma. TVO/KOEREIKÄ, Työraportti 83-01, Saanio & Laine Oy, 21.11.1983.
3. Anttila, P., Käytetyn polttoaineen loppusijoitus - Syvien tutkimusreikien kairaus ja niihin liittyvät geologiset selvitykset. Raportti YJT-83-19. Imatran Voima Oy, joulukuu 1983.
4. Äikäs T., Käytetyn polttoaineen loppusijoitus - Kallioperän hydraulinen testaus. Raportti YJT-84-09. Saanio & Laine Oy, huhtikuu 1984.

- 5 Rouhiainen P., Käytetyn polttoaineen loppusijoitus - Geofysikaaliset reikämittaukset. Raportti YJT-84-01. Imatran Voima Oy, tammikuu 1984.
- 6 Lampén P., Käytetyn polttoaineen loppusijoitus - Geokemialliset pohjavesitutkimukset. Raportti YJT-83-18. Imatran Voima Oy, joulukuu 1983.
- 7 Kallionäytekairaus, koereikä, Lavia 1984. Loppuraportti (osat 1-4). TVO/KOEREIKÄ, Työraportti 84-06. Suomen Malmi Oy, 19.6.1984.
- 8 Almén K.-E. & Persson O., Determination of hydraulic conductivity in Lavia borehole, Finland. Report YJT-84-20. Swedish Geological Co, Uppsala. September 1984.
- 9 Lampén P., Lavian koereiän kairaukseen liittyvät kemialliset selvitykset. Testivaiheen pohjavesinäytteiden otto ja analysointi. TVO/KOEREIKÄ, Työraportti 84-09. Imatran Voima Oy, Syyskuu 1984.
- 10 Vuorela P., Kuivamäki A., Kukkonen I. & Sjöblom B., Lavian koereiän ympäristön kivilaji- ja rakokartoitus. TVO/KOEREIKÄ, Työraportti 84-10. Geologian tutkimuskeskus, Syyskuu 1984.
- 11 Geofysikaaliset maanpintamittaukset koereiän ympäristössä Laviassa. TVO/KOEREIKÄ, Työraportti 84-07. Suomen Malmi Oy, 28.9.1984.
- 12 Tutkimusohjelma 1985. Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta, Syyskuu 1984.



Lyhennelmä esitelmästä
ATS:n kokouksessa
27.9.-84

PRA TUTKIMUKSEN NYKYKÄYTTÖ JA TULEVAISUUDEN SUUNTA US NRC:N NÄKÖKULMASTA

Reino Virolainen

1. Katsaus PRA:n käyttöön USNRC:ssä

Lukuisia PRA tutkimuksia ja tutkimusohjelmia on toteutettu tai ovat työstettävänä USA:ssa tänä aikana.

Reactor Safety Study Methodology Application Program'n (RSSMAP) yhteydessä on analysoitu 4 laitosta. Näissä tutkimuksissa suojarakennusanalyysi on tärkeällä sijalla mutta onnettomuusketjujen lukumäärää on rajoitettu.

Interim Reliability Program'n (IREP) kuluessa on analysoitu 5 laitosta. Suojarakennusanalyysi on pintapuolisempi kuin edellisessä, mutta enemmän painoa on asetettu sydämen sulamisfrekvenssin määräämiseen.

National Reliability Evaluation Program (NREP) on IREP:n jatkoa ja sisältää lukuisten laitospohtaisten PRA tutkimusten suorittamisen.

Accident Sequence Evaluation Program (ASEP) keskittyy yleisnäkemyksen hankkimiseen tehtyjen PRA tutkimusten, Precursor tutkimusten ja käyttökokemusten perusteella. Liitteessä 1 on esitetty tehdyt tai aloitetut PRA tutkimukset.

Laajemmista tutkimusohjelmista kannattaa mainita Safety Goal Evaluation Program, joka selvittää numeeristen turvallisuusstandardien

käyttömahdollisuuksia ydinvoimalaitosten lisensoinnin ja valvonnan välineenä, Integrated Safety Assessment Program, joka pyrkii deterministisen ja todennäköisyyspohjaisen analysointimenetelmän yhdistämiseen ja Severe Accident Research Program, jonka tarkoituksena on suunnata NRC:n politiikkaa vakavien reaktorionnettomuuksien suhteen.

Laajojen PRA tutkimusten ja tutkimusohjelmien ohella NRC:ssä käytetään PRA menetelmiä pienimuotoisempien ns. Safety Issue tyyppisten ongelmien käsittelyssä. Esimerkkinä tämän tyyppisistä ongelmista on "Station black-out", jota on tutkittu PRA menetelmien avulla.

2. NRC:n kokemukset PRA:n käytöstä

Ydinvoimalaitosten lisensointimenettely NRC:ssä perustuu toistaiseksi pääosin deterministiseen ajatteluun. Muutamia numeerisia luotettavuuskriteereitä on lisensoinnissa kuitenkin käytössä:

- Apusyöttövesijärjestelmän luotettavuuden pitää yltää $10^{-4}/10^{-5}$ tasolle (yksittäisvikakriteeri on havaittu liian kapeaksi säännöksi).
- Tornadojen aiheuttamien missiilien todennäköisyyden on oltava pienempi kuin $10^{-6}/10^{-7}$ taso.
- CP-sääntö (Construction Permit) vaatii joitakin numeerisia kriteereitä sydämen jäädytykselle ja suojarakennuksen jäädytykselle.

Näitä sääntöjä sovelletaan käyttäen laskelmissa kiinteitä komponenttikohtaisia vikataajuuksia. Safety Goal ei ole lisensointikäytössä ko. 2 vuoden koeajan puitteissa.

PRA menetelmiä käytetään NRC:ssä pääosin valvonta- ja sääntelytarkoituksiin erityisesti paljastamaan laitoskohtaisia ja yleisiä heikkouksia ja arvioimaan niiden suhteellista tärkeyttä huomioiden sekä turvallisuus- että taloudellisuusnäkökohdat.

Valvontakäytössä on sovellettu erilaatuisia PRA tutkimuksia:

- Laitoskohtaisia laajamittaisia PRA tutkimuksia (esim. Indian Point).

- Yleisempiin ongelmiin kohdistuvia PRA tutkimuksia (Pressurized thermal Shock).
- Tilastollisia arviointeja (DG alasajo TTKE ehtojen suhteen).
- Ongelmakeskeisiä PRA tutkimuksia (Station black-out).

NRC:n kokemusten mukaan PRA:n arvo kiteytyy seuraaviin kohtiin:

- Saatu ymmärrys ja tuntemus laitoksen kokonaisuudesta ja toiminnasta tärkeimpien onnettomuusketjujen osalta.
- Realistisen näkemyksen saaminen eri onnettomuusscenarियोista, jotka ovat Design Basis Accident'n ulkopuolella.

PRA:n ensisijainen käyttöarvo onkin sen kyvyssä paljastaa laitoksen haavoittuvimmat kohdat, tutustuttaa laitoksen henkilökunta, omistaja ja viranomaiset heikkojen kohtien luonteeseen ja tärkeyteen ja selvittää suunnittelu- ja operointimuutosten tarpeellisuutta. PRA toimii myös työkaluna käyttökokemusten oikean ymmärtämisen ja tulokinnan saavuttamiselle yhtä hyvin kuin laitoskohtaisten muutosten arvon ymmärtämiseksi riskien pienentämismielessä.

PRA:n toissijainen käyttö ovat numeeriset riskiarvot, joita voidaan käyttää onnettomuusketjujen ja onnettomuuden seurausten suhteellisen tärkeyden määrittämiseen, turvallisuusongelmien priorisointiin taikka suoranaiseen vertailuun numeeristen turvallisuusstandardien kanssa.

NRC:n henkilökunta on arvioinut useita laitoskohtaisia PRA tutkimuksia, missä dominoivat riskit on yksilöity, sydämen sulamistaajuudet arvioitu ja dominoiviin ketjuihin kuuluvat järjestelmät ryhmitetty. Arvokasta tietoa laitoskohtaisista heikkouksista on saatu ja saavutetun tiedon perusteella laitoksen käyttäjät ovat tehneet myös omaehtoisia muutoksia ja korjauksia laitoksilleen.

Kokemuksiinsa nojautuen NRC:n henkilökunta on esittänyt mielipiteensä, että PRA tutkimus tehtäisiin useimmille, jos ei aivan kaikille amerikkalaisille ydinvoimalaitoksille.

Liitteessä 2 on esitelty sekä PWR että BWR laitosten todennäköisemmät sydämen sulamiseen johtavat onnettomuusketjut.

PRA:n rajoituksina ja ongelmina on tunnistettu mm. seuraavia kohtia

- Epävarmuus, joka sisältyy sydämen sulamistodennäköisyyteen ja onnettomuusriskiin.
- Eräät tärkeät riskin osatekijät saattavat jäädä vähälle huomiolle tai eräitä heikkouksia saatetaan painottaa liikaa.
- Ei ole mahdollista ennustaa tehtävän PRA:n arvoa etukäteen laitoksen käyttäjän tai viranomaisen kannalta.

PRA Reference Document (NUREG-1050) arvioi PRA:n tilaa seuraavasti::

- "Internal event" mallit ja laskenta on kypsää tekniikkaa, samoin ulkoisten seurausten laskenta.
- "External event" malleihin ja arviointiin liittyy runsaasti kysymysmerkkejä vaikka kehitys on nopeaa.
- "Source term" osuus edustaa PRA:ssa kaikkein epävarmintaa osaa.

Yleisesti ottaen PRA on vielä epästabiili ja epäkypsä, jos halutaan riskiarvioiden ankaraa vertailua numeerisiin turvallisuusstandardeihin.

3. Tulevaisuuden suunta PRA:n käytössä

Kolme tärkeää tutkimusohjelmaa on työstettävänä NRC:ssä

- Safety Goal Evaluation Program
- Integrated Safety Assessment Program
- Severe Accident Program.

Safety Goal Evaluation Program'in pitäisi valmistua maaliskuussa 1985. Tutkimusperiodin aikana numeerisia turvallisuusstandardeja ei käytetä lisensointitarkoituksiin. Ohjelma tulee arvioimaan mm. NRC:n valvontakäytännön muutostarpeita, mutta se ei tule si-

sältämään esim. laajoja vertailuja yhteiskunnan muihin riskeihin. Ohjelman sisällön eräinä tärkeimpinä kohtina ovat mm:

- PRA reference document (NUREC 1050).
- Uusi lähdetermi-informaatio.
- Onnettomuuksien seurausten arviointityö.
- Numeeristen standardien soveltaminen joihinkin Safety issue tyyppisiin ongelmiin.

Eräs tärkeimmistä tavoitteista, suhtautuminen numeerisiin turvallisuusstandardeihin, on kuitenkin toistaiseksi melko selkiintymätön myös NRC:n sisällä.

Integrated Safety Assessment Program perustuu sekä deterministisen että todennäköisyysperusteisen ajattelun yhdistämiseen. Perusajatuk- sena on kaikkien havaittujen turvallisuusristiriitojen yhdistetty käsittely kunkin laitoksen osalta. Ohjelman perusrunkona ovat NREP ja deterministiseen arviointimenetelmään perustuva Systematic Evaluation Program (SEP) sekä TMI Action Plan:sta, IREP:sta, RSSMAP:sta, ratkaisemattomista ja yleisistä Safety Issue ongelmista ja laitoskoh- taisista PRA tutkimuksista saadut kokemukset. Ohjelman tuloksena olisi laitoskohtainen "living schedule", joka sisältää kaikki tär- keät turvallisuusongelmat. Ohjelman ohjeiden mukaan tehtyjen deter- ministisen tarkastusmenetelmän ja laitoskohtaisen PRA:n perusteella NRC arvioi, esiintyykö ristiriitoja laitoksen ja olemassaolevien vaatimusten välillä.

Severe Accident Research Program'n yhteydessä on julkaistu NUREG 1070 (draft versio) "Commissions Policy Statement on Severe Accident Regarding Future Desings and Existing Plants".

Raportin olennaisin viesti on, että olemassaolevat amerikkalaiset laitokset eivät aiheuta kohtuutonta riskiä yleisön turvallisuudelle ja terveydelle. Perusteluna on käytetty mm. laitoskohtaisten PRA tutkimusten ja käyttökokemusten perusteella tehtyjä laitoskohtaisia muutoksia (Indian Point, Zion, Limerick) ja näkemykseen joka on saatu SARP:n tuloksista. Mitä tulee PRA:n rooliin vakavien onnetto- muuksien ehkäisijänä se nähdään mieluummin deterministisen analysoin- timenetelmän täydentäjänä kuin sen korvaajana.

Table 1: Risk Studies for LWR Completed or Under Way

Country	Plant	Type	Rated Power/MW	Containment	Nuclear System Supplier	Operating License	Issuance of Study	Sponsor
Australia								
Belgium								
Canada	Darlington	PHWR	4 x 850					
France								
Fed. Rep. of Germany	Biblis B	P	1300	Dry sph	KWU		1979	BMFT
Italy	Alto Lazio PUN	B P	2 x 1000		Ansaldo, GE/EBASO NIRA/W		1984	Ansaldo Utility
Netherlands								
Spain	Santa Maria de Garona							
Sweden	Ringhals 2	B	860		Westinghouse		1983	NUS/SSPB Asea
Switzerland	Leibstadt Goesgen Beznau I/II	B P	1000 970 2 x 350	Mk III	GE KWU W		1984 1984 (1985)	Utility
United Kingdom	Sizewell B	P	1100		W/NNC		1982	

Country	Plant	Type	Rated Power/MW	Containment	Nuclear System Supplier	Operating License	Issuance of Study	Sponsor
USA	Arkansas One 1	P	858	Dry	B&W	1974	1982	NRC (IREP)
	Big Rock Point	B	75	Dry sph.	GE	1962	1981	Utility
	Browns Ferry 1	B	1067	MK I	GE	1973		
	Browns Ferry 2, 3	B	1067	MK II	GE		1982	NRC (IREP)
	Calvert Cliffs 1	P	845	Dry Cyl	CE	1974	1981	NRC (RSSMAP)
	Calvert Cliffs 2	P	845	Dry Cyl	CE	1974	1983	NRC (IREP)
	Crystal River 3	P	845	Dry Cyl	B&W	1976	1982	NRC (IREP)
	Grand Gulf 1	B	1250	MK III	GE	1982	1981	NRC (RSSMAP)
	Indian Point 2	P	873	Dry Cyl	W	1973	1982	Utility
	Indian Point 3	P	965	Dry Cyl	W	1973	1982	Utility
	Limerick 1, 2	B	1055	MK II	GE	(1985)	1983	Utility
	Midland 2	P	805	Dry Cyl	B&W	-	-	-
	Millstone 1	B	652	MK I	GE	1970	1983	NRC (IREP)
	Millstone 3	P	1156	Dry Cyl	W	(1980)	1983	Utility
	Oconee 1, 2	P	860	Dry Cyl	B&W	-	-	-
	Oconee 3	P	860	Dry Cyl	B&W	1973	1983	NRC (RSSMAP)
	Oyster Creek 1	B	620	MK I	GE	-	-	-
	Peach Bottom 2, 3	B	1098	MK I	GE	1973	1975	NRC
	Sequoyah	B	1148	Ice Cond	W	1981	1981	NRC (RSS MAP)
	Soreham	B	820	MK II	GE	(1984)	1983	Utility
	Surry 1, 2	P	824	Dry Cyl	W	1972	1975	NRC
	Susquehanna 1, 2	B	1100	MK II	CE	1983	1983	Utility
	Yankee Rowe	P	175	Dry sph.	W	1960	1982	Utility
	Zion 1, 2	P	1100	Dry Cyl	W	1973	1981	Utility
	Seabrook	P	1150	Dry Cyl	W	(1984)	-	-
	Mc Guire	P	1180	Ice cond.	W	1981	-	Utility
	Bellefonte	P	1213	Dry Cyl	B&W	(1985)	-	Utility
	TMI 1	P	792	Dry Cyl	B&W	1974	-	Utility
	Oconee 3	P	792	Dry Cyl	B&W	1973	1981	EPRI/NSAC

**MOST LIKELY SEQUENCES
(FROM FIRST INTERIM REPORT)**

PWR

BWR

**LOSS OF ALL FEEDWATER
(TML(U))**

**TRANSIENT WITH
LOSS OF INJECTION
(TQUV)**

**STATION BLACKOUT
(TMLB')**

**TRANSIENT WITH LOSS OF
DECAY HEAT REMOVAL
(TW)**

**ATWS
(TMKU)**

**ATWS
(TC)**

**TRANSIENT INDUCED
SMALL LOCA WITH
LOSS OF INJECTION
(TMQ-D)**

**TRANSIENT WITH STUCK
OPEN SRV AND LOSS
OF INJECTION
(TPQE)**

**SMALL LOCA WITH
LOSS OF INJECTION
(S₂D)**

**TRANSIENT WITH STUCK
OPEN SRV AND LOSS OF
DECAY HEAT REMOVAL
(TPW)**

UTILITY EXPERIENCES OF APPLIED PROBABILISTIC SAFETY ANALYSIS METHODS

Thomas Lilja, Swedish State Power Board

In response to the accident at Three Mile Island, the Swedish Government appointed a special investigating committee, the Reactor Safety Committee in 1979. Its assignment was to evaluate reactor safety and to propose measures that should be taken to improve reactor safety. One of the recommendations of the committee was that probabilistic methods of risk analysis should be used in the review of safety and that safety studies based on such methods should be performed for each single nuclear power in Sweden. The recommendations of the Reactor Safety Committee were broadly accepted within Sweden and formed the basis for several decisions on Government and Parliament Concerning reactor safety.

The Swedish State Power Board (SSPB) is responsible for the operation of seven nuclear power units - four at the Ringhals site and three at the Forsmark site. Three of the Ringhals units are PWR:s and the others BWR:s.

SSPB has for about four years been utilizing Probabilistic Safety Analysis (PSA) methods for safety evaluation and decision-making. The application of PSA methods are basically utilized on the three levels:

- System Design Evaluation
- Accident Sequence Evaluation
- Accident Sequence and Source Term Evaluation

SYSTEM DESIGN EVALUATION

Modifications of system design is an ongoing process and is mostly initiated by the utility. The proposals for design changes are often based on more or less subjective judgements.

Our experience from system analysis of alternative design proposals, in a existing plants, is that there is a tendency to "overdo" the alternative design in a way that has very little impact on the overall plant risk. Especially when systems are dependent on manual operator action, system-reliability is nearly always driven by the probability of operator error. Our experience is that any well designed two train system is "good enough" if it is dependent on operator action. A few times it has even been possible to show that a suggested design change actually degrade the overall reliability for the system.

Probabilistic system evaluations are also frequently used for assessment of changes in the limiting conditions of operation in the Technical Specifications.

ACCIDENT SEQUENCE EVALUATION

This is perhaps the most powerful tool for decisionmaking concerning safety related plant modifications. By doing Level 1 PRA:s* you can among other things obtain the following information

- Compare the status of the plant safety with other plants (for which PRA:s has been performed)

This is perhaps the way to gain more insight in the overall plant safety, considering degraded core accidents and their frequency.

*) Ref: PRA Procedures GUIDE NUREG/CR-2300

- Finding the components and operator actions that drive the core melt frequency.

Using traditional Event Tree and Fault Tree methods, you can achieve minimal cut set lists for all dominant core melt accidents. The result you get is often that only a handful of hardware components contribute to the plant hazared and that there is actually only a few operator actions, during accident conditions that are really important.

By identifying these important operator actions you also immediatly get an idea of what part of your Control Room Design and operator training that may require further attention.

ACCIDENT SEQUENCE AND SOURCE TERM EVALUATION

Continuing the accident sequence analysis with a source term evaluation, it most often shows that it is not the high probability core melt sequences that dominate the risk to the public.

The radioactivity release spans about three orders of magnitude from the least severe to the most severe core melt accident. This means that you, from a release point of view have to consider all core melt sequences with a frequency down to three orders of magnitude below the top ranked core melt sequence, using the concept of Risk (probability x consequence).

Doing this, we have found that the plant risk can not be characterized only by some few components or operator actions. Rather it is characterized by the overall basic plant design, like for example the design characteristics of the containment, containment cooling system, containment isolation system, design of interfacing systems etc.

The Swedish Government Committee on Reactor Safety, in addition to recommending that probabilistic methods of risk analysis should be used in the review of safety, also recommended that attention should be devoted to measures that would effectively reduce the predicted release of radioactive material to the environment in the event of a severe accident in a Swedish reactor.

If you want to take measures in order to reduce the overall plant risk, it is interesting to notice that it can be difficult to reduce the frequency of these very low frequency, high release accident sequences. Our investigations indicate that, given that a core melt accident with high potential release source terms may occur, some additional mitigation feature can be very cost-effective compared to reduction of the frequency of the particular core melt accidents. Different kinds of additional features that can prevent uncontrolled challenge to the containment integrity during degraded core conditions are evaluated within SSPB.

A special project "Mitigation of Reactor Accidents" (MITRA) has been formed within SSPB. The purpose of the project is to assess the effectiveness of different mitigation features and their advantages and disadvantages.

The following is an example of different kind of additional features that could be considered:

- Filtered venting of the containment to the atmosphere
- Unfiltered venting of the containment to the atmosphere (to prevent uncontrolled containment rupture and containment depressurization)
- Additional containment cooling features

The result of the MITRA Project will be reported on during the spring 1985.

FUTURE ASPECTS

The use of probabilistic methods within SSPB is not only limited to plant safety evaluation. Probabilistic methods are also applied in the field of Life Cycle Cost Analysis (LCC) which is a method used, preferably during the design phase of a plant or a system, to optimize plant system performance and economical outcome. However, the LCC work and PSA work are for the moment parallel activities and treated rather independent of each other. Efforts are now initiated to establish integrated methods that both optimize plant safety and the economical outcome.

KONGRESSI "FIFTH INTERNATIONAL MEETING ON THERMAL NUCLEAR
REACTOR SAFETY" KARLSRUHESSA 9.-13.9.1984

1. Yleistä

Kirjoittaja on ATS:n ryhmämatkan matkanjohtajuuden "velvoittamana" laatinut ATS-lehdelle yhdistetyn matkakertomuksen. Aineisto sisältää I. Aron, STUK, H. Lamrothin, IVO, J. Miettisen, VTT, H. Ollikkalan, STUK, ja B. Wahlströmin, VTT, matkakertomukset. Kirjoittaja on käyttänyt toimittajamaista vapautta aineistoa muokatessaan.

Kongressin varsinaisina järjestäjinä toimivat: ENS, ANS, CNS (Canadian...) sekä JAES (Japan ...). Yhteistyö-järjestäjinä olivat NEA/OECD, IAEA sekä CEC (Commission of the European Communities). ATS:a edusti järjestelyissä A. Rastas, TVO.

Teknillisiä istuntoja pidettiin kaikkiaan 18, esitelmiä oli 160 ja postereita 50. Aiheet löytyvät seuraavien sivujen otsikoista. Jaetussa osanottajalistassa oli 431 nimeä. Kongressin suomalaiset osanottajat olivat I. Aro, STUK, H. Kalli, LTKK, M. Komsu, IVO, H. Lamroth, IVO, J. Marttila, STUK, J. Miettinen, VTT, H. Ollikkala, STUK, A. Rastas, TVO, I. Savolainen, VTT, A. Toivola, TVO, ja B. Wahlström, VTT. Esityksistä kootaan julkaisu lähikuukausien aikana (ennätyslyhyt toimitusaika amerikkalaiseen käytäntöön verrattuna).

Suomalaisten esitelmät olivat:

- T. Kervinen, H. Purhonen, H. Kalli: REWET-II Experiments to Determine the Effects of Spacer Grids on Reflooding Process.
- H. Kalli, T. Kervinen, J. Rossi, Reflooding in Tight Pitch Rod Lattice
- J. Miettinen, Small Break Analyses with Computer Codes SMABRE and RELAP5/MOD1.
- G. Mancini, B. Wahlström, Recent Development in Design and Validating Emergency Operating Procedures and Training Operators in their Use.
- B. Wahlström, Nordic Cooperation in the Field of Human Reliability.

2. Yleisistunnot (Plenary sessions)

Gauvenet (EdF, F) pohdiskeli esitelmässään reaktorityyppien käytettävyyksilukuja ja syitä tuotannonmenetyksiin. Pickman (UKAEA, GB) esitteli DBA-LOCA:n analyysituloksia polttoaineen eheyteen liittyen. Hän totesi mm. alueen tutkimukset lähes loppuunsaoritetuiksi, vaikkakin suojakuoren puhkeamisen laskentamenetelmiin liittyy vielä suurehko epävarmuus.

Naschi (CSNI, NEA) esitteli OECD -maiden viranomaismääräysten kehittämistoimia. Odotettavasti todennäköisyyspohjaiset menetelmät yhtenäistävät eri maiden viranomaiskäytäntöä. Vakaviin onnettomuuksiin ei voida ottaa kantaa ennen nykyisten tutkimusten valmistumista ja analysointia.

Stratton (USA) esitelmöi radioaktiivisuuspäästön uusimmista tuloksista kohta julkaistavaan ANS:n raporttiin perustuen. Tutkimustuloksista tuotiin esille mm:

- CsI ja CsOH ovat vallitsevia jodi- ja kesiummuotoja,
- Höyryräjähdykset ovat mahdollisia, mutta suojarakennuksen rikkoutumistodennäköisyys on pieni,
- Vetypalot ovat mahdollisia, mutta kuivat suojarakennukset kestävät ne ja muut on suojattu niitä vastaan.

Morris (USA) tarkasteli suojarakennusjärjestelmiä sekä niiden toiminnallisia kriteerejä, mm. uutta reaktorisydämen vaurioitumiskriteeriä. Suojarakennuksen ylipaine johtaisi todennäköisimmin vuotoon, ei täydelliseen rikkoutumiseen.

Lewis (UCSB, USA) tarkasteli riskianalyysien hyviä ja huonoja puolia. Suuri joukko osaa tehdä analyyskejä mutta vain pieni joukko osaa käyttää niitä, oli yksi pääajatus.

Gittus (UKAEA-SRD, GB) tarkasteli turvallisuustavoitteita (safety goals) ja toivoi yleiseen hyväksyntään liitettäväksi periaatteen: "Jos jotakin tapahtuu, se ei saa vahingoittaa minua. Jos se vahingoittaa minua, se ei saa tapahtua".

3. Tietokoneohjelmien kehitys ja varmistus (Code development and verification)

Termohydrauliikan tietokoneohjelmien kehityksessä on tunnustusti tehty suuri työpanos ja analyysivalmius on hyvä. Toisaalta tilanne voisi olla selkeämpikin. Suuria ohjelmia, kuten CATHARE (F), DRUFAN (D), RELAP5 ja TRAC (USA) on kehitetty rinnakkain samanlaisiin analyysieihin satoja henkilötyövuosia panostaen. Silti mikään ei indikoi, että kustanuksien säästämiseksi joku näistä valittaisiin päätyökaluksi. Kukin ohjelmalla säilyttäne oman käyttäjäkuntansa.

RELAP5 ja TRAC -esityksissä kuvattiin tehtyjä laitosanalyyskejä. Käytetyt noodimäärät olivat suuria, RELAP5:llä 240 noodia HB Robinson Unit 2 laitokselle ja TRAC:illä 300...350 noodia Calvert Cliff laitokselle. Näin laskenta-ajatkin jättitietokoneilla olivat pitkiä (tunteja). Sinänsä ei voitu osoittaa, että tehdyissä PTS-laskuissa suurella noodimäärällä olisi ollut tarkkuutta edistävää vaikutusta. LOBI-projektin edustaja raportoi ansiokkaista RELAP5/Mod1 -modifikaatioista. Valitettavasti USA:han raportoituja muutosehdotuksia ei ole huomioitu uusissa ohjelmaversioissa.

CATHARE-ohjelman kehityksessä on tavoitteet asetettu korkealle, ainakin esitetystä testimatriisista päätellen. Kuitenkin askarruttamaan jäi kysymys, valmistuuko kansallisylypeyden aihe CATHARE koskaan. Ohjelmasta on ison ohjelman rinnalle kehitetty myös simulaattoriversiota, ilmeisesti NPA-käyttöön.

Monidimensioisia ohjelmia on aina toivottu, mutta tälläkin kertaa näytöt olivat vähäisiä. Suojarakennuksen laskentaan USNRC rahoittaa kolmidimensioista mallia, mutta epätarkan ratkaisun vuoksi ohjelma ei kuvaa hyvin monidimensioisia ilmiöitä. Polttoainenipun pullistuma-alueen virtausta oli laskettu VTT:ssäkin käytössä olevalla PHOENICS -ohjelmalla. Tulos oli pikemmin demonstraatio kuin fysiikkaa selittävä.

Kokeellisella puolella ei esitelty kiinnostavimpia laitteistoja, kuten LOFT, LOBI, PKL, ROSA. Ilmeisesti kokeellinen tietous on nykyään kauppatavaraa, ei vapaasti levitettävää.

Muutama pikku-uutinen koepuolelta on syytä mainita. KFK:n hätäjähdytyskokeissa on todettu, että polttoainenipun hätäjähdytys toimii vielä pullistuman sulkiessa jopa 90 % virtausalasta. PHEBUS kokeissa on polttoaineen lämpötilakäyrä pakotettu seuraamaan laskettua käyrää (max 1200 °C) ja kokeissa maksimitukkeumaksi on saatu 65%. Lämpötilan karkaamista ei ole havaittu. HDR-projektissa aletaan tutkia PWR:n alasmenotilan sekoitusilmiöitä PWR-laitoksen olosuhteissa ja kokeeseen yhdistetään myös särön kasvun tutkimukset. Suomi saa HDR-projektin tuloksia VTT:n HDR-sopimuksen kautta.

USNRC:n yhtenä tavoitteena on mainittu luvitusmenettelyn muuttaminen realistisiin analyysiin perustuvaksi ylikonservatiivisten analyysien sijaan. Tähän liittyen esitettiin kolme ison LOCA:n analyysiä Westinghousen PWR:lle: Ylikonservatiivisella menetelmällä (EM-malli, Appendix K:n oletukset) oli suojakuoren maksimilämpötila 1190 °C, realistisella laskentamenetelmällä (TRAC-PD2, todennäköiset prosessitoiminnot) 530 °C ja realistisella menetelmällä konservatiivisin oletuksin (TRAC-PD2, Appendix K:n oletukset, mahdollinen uusi menettely) 800 °C.

4. Polttoaineen käyttäytyminen vakavissa onnettomuuksissa (Fuel behaviour during severe accidents)

PBF -laitteistolla suoritetuista kokeista oli useita papereita. Kokeessa ilman hätäjähdytystä oli polttoaineen lämpötilan annettu nousta 1300 °C:een, jossa oksidoitumisen vaikutuksesta seurasi lämpötilan karkaaminen 2100 °C:een. Kokeessa 30 % Zr:-sta hapettui ja 6 % polttoaineesta sulii. Alle 20 % jalokaasuista vapautui, jodi ja kesium jäivät vesifaasiin ja kokonaisuudessaan päästöosuus todettiin pienemmäksi kuin aiemmin (NUREG-0772) on esitetty.

Monissa papereissa käsiteltiin vesi-metalli-reaktion kokeellista tutkimusta. Kokeita verifioidaan useilla tietokoneohjelmilla. Mainittakoon yksi detalji tuloksista: Höyry hidastaa tätä ylikuumentuneen polttoaineen ei toivottua reaktiota vasta hyvin pienillä höyryvirtauksilla.

ORNL:ssa tehdyissä kuumennuskokeissa kaupallisella polttoaineella on saatu vapautumisosuuksiksi Kr:lle, I:lle ja Cs:lle on saatu 0.02 1400 °C:ssa ja 0.50 2000 °C:ssa. Länsi-Saksassa suoritetuissa, LOCA-tilanteita vastaavissa kuumennuskokeissa, 800 °C ... 1100 °C:n lämpötiloissa oli saatu jodin päästöosuudeksi 0.00001 normaalisauvalla ja 0.001 kuormitetulla sauvalla.

5. Fission tuotteiden käyttäytyminen (Fission product behaviour)

Aerosolien käyttäytymisestä oli jo edellisellä viikolla symposium ja kongressin istunnot olivat tälle jatkona.

USA:ssa viidelle laitokselle suoritetuista päästön määrittämis- ja analyysistä mainittakoon johtopäätökset: a) päästötermit ovat hyvin laitosriippuvaisia, b) primääripiiri ja suojarakenne ovat tehokkaita liikkeelle lähteneen aktiivisuuden poistajia, c) ulompi suojarakenne aiheuttaa ennustamiseen epävarmuutta ja d) BWR:ssä vesilauhduttimen ohivirtaus voi muodostua päästöä oleellisesti lisääväksi tekijäksi.

Amerikkalaiselle täyspainesuojarakennukselle esitettiin tuloksia, joissa $0.01 \dots 0.1 \text{ m}^2$:n suojarakennusvuodolla saatiin höyrystyville fission tuotteille noin 1 %:n päästöosuus. Vuodon pitää olla isompi, kun pidättyminen primääripiiriin huomioidaan. 0.01 m^2 :n vuodon todettiin estävän suojarakennuksen ylipaineistumisen. KWU:n täyspainesuojarakennukselle esitettiin tehtyjä päästötermin määrittäyslaskuja.

Jodi- ja hiukkassuodattimien suodatuskyvystä esitettiin KfK:n suorittamia kokeellisia tuloksia. Eräissä kaupallisissa hiukkassuodattimissa oli havaittu rikkoontuminen jo kohtalaisen pienillä paine-eroilla ja onnettomuustilanteita varten vaadittiinkin parempien suodatinelementtien kehittämistä.

6. Sydänmassan käyttäytyminen, systeemin vaste ja operointikokemukset (Core debris behaviour and core concrete interactions, Containment response, Safety related operational experiences, System and component behaviour)

Useita papereita esitettiin koskien sulaneen sydämen jäähdystysmallien kehittämistä, sydänmassa/jäähyte-vuorovaikutusta sekä sydänmassa/betoni-vuorovaikutusta. Useissa papereissa esitettiin arvioita suojarakennuksen rikkoutumishetkestä ylipaineen vuoksi. Yleensä aika rikkoontumiseen on pitkä ja sen tapahtuessa päästö ympäristöön on pieni. Uusia seurausvaikutusten vähentämistä järjestelmiä ei tarvita.

Ruotsalaisen RAMA -projektin yhtenä tuloksena esitettiin vuorokausien luokkaa oleva rikkoutumishetki, olettaen täydellinen sähkönmenetykset ja suuri LOCA. Ranskalaisissa tutkimuksissa todettiin ennen aikaisen repeytymisen mahdollisuus särön vaikutuksesta hyvin vähäiseksi.

7. Ihmis-kone -vuorovaikutus ja hätätilanneohjeet (Man-machine interface and emergency response, Safety systems and function optimization)

Amerikkalaiset ja ranskalaiset ovat tehneet paljon työtä hätätilanneohjeiden kehittämiseksi. Ohjeiden kehittämisessä on koulutussimulaattorilla keskeinen osuus. Kahdella USA:n BWR laitoksella oli koottu suuri päätöksenteon lohkokaavio, lakanaksi valvomon seinälle. Lohkokaaviossa tarvittavat toimenpiteet on löydettävissä lähtötilanteesta riippumatta.

8. Todennäköisyyspohjainen riskien arviointi (Probabilistic risk assessment, PRA)

Yleinen linja oli, että laitosten lisensoinnissa tullaan edelleen käyttämään determinististä menettelyä. PRA -tekniikkaa käytetään vain apuvälineenä ja nykyinen käytäntö eri maissa on vaihteleva PRA:han suhtautumisessa. Perustaksi tarvitaan myös parempaa, todellisiin havaintoihin liittyvää data -aineistoa. Käynnissä olevien laitosten PRA -analyysit katsottiin hyödyllisemmäksi kuin uusien laitosten konseptien analyysit.

9. Loppupaneeli

Loppupaneelin alustuksena oli A. Birkhoferin (GRS, D) esitelmä "Advances and Trends in Reactor Safety Technology". Esitelmässä pyrittiin osa-alueilla vastaamaan kysymyksiin A) Mitä on tähän mennessä tehty, B) Mitä jää tehtäväksi tulevaisuudessa. Keskustelussa alustuksen pohjalta todettiin mm. seuraavia asioita.

Termohydrauliikan alueella todettiin ohjelmien kehitykseen ja varmentamiseen käytetty suuri työpanos. Uutena tarpeena ovat nyt suurten ohjelmien rinnalle kehitetyt nopeasti laskevat, myös kaksifaasilaskentaan pystyvät ohjelmat, joita voidaan käyttää esimerkiksi koulutussimulaattoreissa. Kokeellisella puolella toivottiin tutkittavaksi myös äärimmäisiä tilanteita, joissa monetkaan nykyisin tunnetut korrelaatiot eivät ole päteviä.

Lämpö- ja virtaustekniikan, aerosolien ja fissiotuotteiden käyttäytymisen yhteisilmiöitä tulisi selvittää nykyistä laajemmin.

Laitoskohtaisesti tulisi tutkia suojarakennuksen käyttäytymistä pitkällä aikavälillä sekä selvittää rikkoutumismuotoja ja niihin liittyviä päästömahdollisuuksia.

Päästötermien suuruusluokka oletetaan selvitetyksi parin seuraavan vuoden aikana. Tuloksena arvioidaan, että laskuissa käytettäviä päästöosuuksia voidaan pienentää n. tekijällä 10. Toisaalta päästötermien laitosriippuvuus estää täysin yhtenäisen näkemyksen saavuttamisen.

Hätätilannevalmiuden suunnittelun perusta ja tavoitteet tulee selvittää myös vakaviin onnettomuuksiin liittyen.

Suhtautuminen höyryräjähdysiin tulisi ratkaista kansainvälisesti, koska ilmiön kokeellinen tutkimus on vaikeaa.

Ulkoisia onnettomuuksia, esimerkiksi maanjäristyksiä tulisi selvittää enemmän.

MATKAKERTOMUS SUOMEN ATOMITEKNILLISEN SEURAN ESKKURSIOSTA
RUOTSIIN 16.-18.5.1984

SISÄLLYS

Ohjelma

Osanottajat

Vierailukohteet

PIUS-reaktorin malli, MAGNE

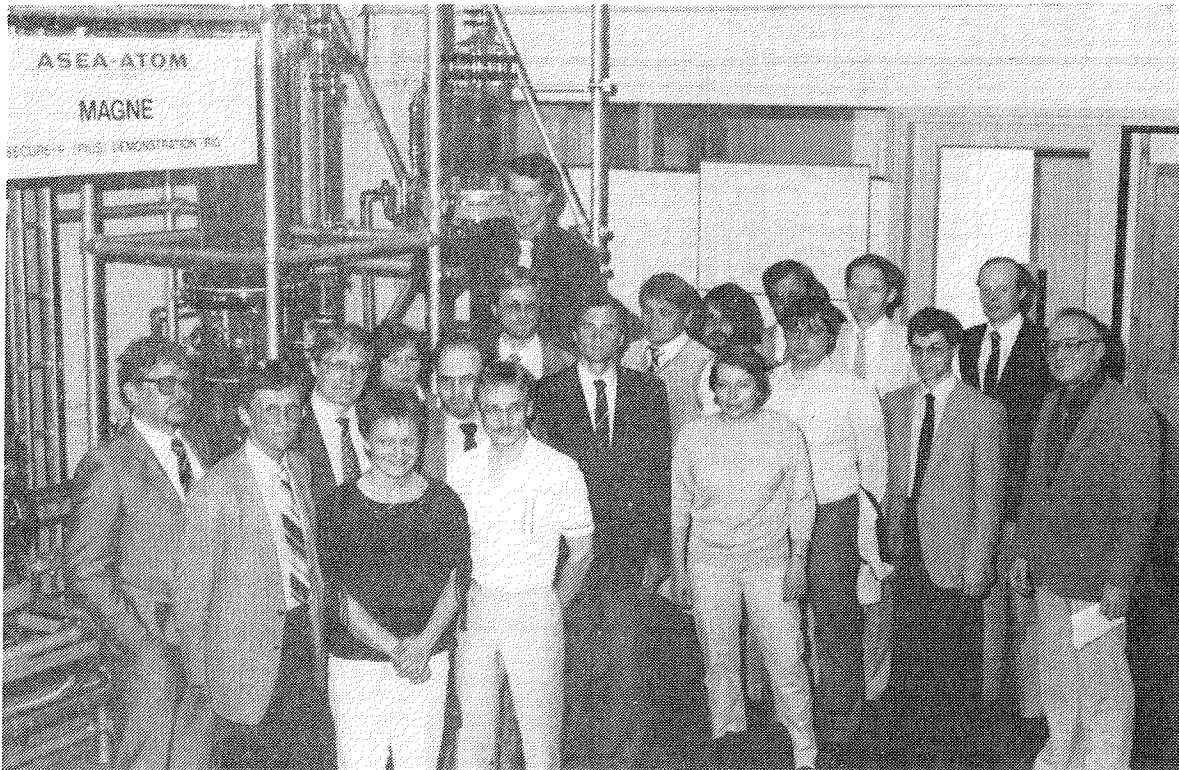
Polttoainetehdas

OKG-info

Oskarshamn 3

Oskarshamnin keski- ja matala-aktiivisten jätteiden
varastoluola

Käytetyn polttoaineen varasto (CLAB)



SUOMEN ATOMITEKNILLISEN SEURAN ESKURSIO RUOTSIIN
16.-13.5.1984

OHJELMA

- 16.5. Laivamatka Helsinki - Tukholma.
Laivalla ATS:n kuukausikokous ja esitelmä
Tapani Graae/Asea-Atom: "Ydinenergian nykynäkymät
Ruotsissa".
- 17.5. Saapuminen Tukholmaan.
Bussimatka Tukholma - Västerås.
Tutustuminen PIUS-reaktorin malliin ja polttoaine-
tehtaaseen.
Bussimatka Västerås - Oskarshamn.
- 18.5. Yleinen OKG-info.
Käynti Oskarshamn 3:ssa ja matala-aktiivisen jät-
teen säilytysluolassa.
Tutustuminen käytetyn polttoaineen välivarastoon
(CLAB).
Bussimatka Oskarshamn - Tukholma.
Lento Tukholma - Helsinki.

OSANOTTAJAT

nimi	toimipaikka
Broman Ulf	Finnatom
Eerola Teuvo	Kaista&Sebbas
Hytönen Yrjö	IVO
Hämäläinen Anitta	VTT/YDI
Kantola Kari	VTT/YDI
Kara Mikko	TVO
Käräjäoja Paavo	IVO
Laurila Kristiina	TVO
Markkanen Esko	IVO
Nylén Jari	IVO
Rantakivi Jorma	STUK
Raumolin Heikki	TVO
Ruokola Esko	STUK
Räty Hanna	VTT/YDI
Sandell Ilkka	TVO
Savola Asko	IVO
Tirri Erkki	IVO
Tusa Esko	IVO
Vieno Timo	VTT/YDI

ATS:N RUOTSIN ESKURSIO 16.-18.5.1984

Suomalaisten suhtautuminen Ruotsiin on monessa mielessä ristiriitaista, Ruotsia ei oikein pidetä ulkomaana samassa mielessä kuin muita maita. Niinpä ATS:n tämänkeväinen kotimaan ekskursio, jonka piti suuntautua länsirannikolle vietiin lahden taakse Västeråsiin ja Oskarshamniin. Koska nyt sitten oltiin ulkomailla, raportoidaan käynnistä kunnolla ja hyvä näin.

Ruotsin ydinenergiatilanteessa tuntuu edelleen hyvin voimakkaana 1970-luvun jälkipuolen sisäpoliittinen kamppailu, joka johti mm. ehtolakiin vuonna 1977 ja huipentui kansanäänestykseen ja sen jälkeiseen parlamenttipäätökseen kahdentoista reaktorin ohjelmasta vuonna 1980.

Tämänkertaisella ekskursiolla huomio kiinnittyi kahteen asiaan. Ensimmäkin hyväksytty kahdentoista reaktorin ohjelma siihen liittyvine polttoainekierron alkupään ja jälkipään järjestelyineen on saanut toteuttamisrauhan. Tämä on johtanut projektien toteutuksessa ja ydintekniikan kehittämisessä moniin merkittäviin saavutuksiin, joista ei välttämättä enää ole niin kovasti käyty julkista keskustelua. Ekskursiolla saatoimme nähdä näistä saavutuksista uudenaikaisen ja hyvin toimivan polttoainetehtaan, lyhyessä ajassa rakennetun Oskarshamn 3-laitosyksikön ja tyypiltään ensimmäisenä maailmassa toteutetun käytetyn polttoaineen välivaraston, CLAB. Joitakin ratkaisuja katsellessa tosin mieleen tuli epäily, etteikö vähemmälläkin voitaisi selvitä, jos ei olisi niin suurta näyttämisen ja onnistumisen pakkoa.

Toisena merkittävänä havaintona oli yhä elävä yrityshalu, pyrkimys uudempiin ja parempiin laitoskonsepteihin. Ekskursiolla saattoi aistia optimismia erityyppisten SECURE-reaktorien kehittämisessä semantiikaltaan näppärästi valitun PIUS-ideologian pohjalta. Samalla kuitenkin oli todettavissa karu totuus. Västeråsissa nähdystä MAGNE-pienoismallista on todella pitkä matka toimivaan kaupalliseen reaktoriin.

Kaiken kaikkiaan Ruotsin ekskursio jätti hyvän jälkimaun. Kohteet olivat tavallaan tuttuja ja turvallisia mutta sisälsivät samalla uusia piirteitä ja herättivät ajatuksia. Onnistuneista käytännön järjestelyistä kiitokset ekskursion toimikunnalle ja -sihteerille sekä mukana olleelle junailijalle Kari Kantolalle. Unohtaa ei sovi seuran entistä sihteerinä Tapani Graaeta, joka isäntien puolesta seurasi mukana koko matkan ja huolehti ohjelman hyvästä sujumisesta.

Käräjäoja, Paavo
Rantakivi, Jorma

PIUS-REAKTORIN MALLI, MAGNE

Ekskursion ensimmäisenä tutustumiskohteena oli Västeråsissa ASEA-ATOMin laboratoriossa PIUS-reaktorin malli, Magne. Lyhenteellä PIUS (Process Inherent Ultimate Safety) ymmärretään yleistä suunnittelufilosofiaa; tämä tarkoittaa laitoksen sisäistä turvallisuutta, riippumatta sähköisten ja mekaanisten laitteiden toiminnasta.

PIUS-reaktorin malli edusti ASEA-ATOMin kehittämää ns. SECURE-P-tyypin laitosta, jolle oli muinaisen Pohjolan jumalan mukaan annettu nimeksi Magne.

PIUS-filosofiasta samoin kuin SECURE-P:stä on kerrottu mm. Sähkö-lehdessä, huhtikuu 1984. Lienee kuitenkin syytä mainita, että PIUS-reaktoreissa ei primääripiiriä ole mekaanisesti erotettu mitenkään reaktorin sammuttamiseen tarvittavasta kylmästä jäähdytysvedestä. Järjestelmään muodostuukin normaali tilanteessa kaksi kylmän ja kuuman veden rajapintaa; övre, nedre densitetslös (ks. kuva 1). Ko. tapauksessa kylmä- ja kuumavesi saadaan pysymään erillään toisistaan pumpun staattisen paineen voittaessa kylmän ja kuuman veden hydrostaattisen paine-eron.

Koelaitteisto Magnelle (kuva 1) oli asetettu seuraavat tavoitteet:

- Antaa informaatiota transienttikäyttäytymisestä
 - käyttötilanteen muutoksissa
 - esiintyvissä häiriöissä
 - oletetuissa onnettomuustilanteissa
- Tehdä mahdolliseksi dynaamisen käyttäytymisen seuranta
- Tutkia säätösystemin toiminta käyttöstabilisuusnäkökulmasta

Tavoitteiden pohjalta koelaitteisto oli toteutettu konstruktiivisesti seuraavasti:

- jäljittelee toiminnallisesti SECURE-P-tyyppin laitosta termohydraulisessa käyttäytymisessä
- varustettu transienttianalyysia varten vaadittavalla instrumentoinnilla
- varustettu ulkoisella valvontajärjestelmällä säätökokeita varten
- jäljittelee laitoksen itsestään sulkeutumisen ilman paine-, pinnanmittaus- tai lämpötilan valvontaa sisäisen turvallisuuden toteennäyttämiseksi

Magnessa on, verrattuna todelliseen laitokseen, korvattu reaktorisydän sähkövastuksella (30 kW) ja primaaripiiriä ympäröivä vedellä täytetty betoninen paineastia vesiputkella; kuvassa Reactor pool, ND 400. Koelaitteisto on hyvin havainnollinen, koska kaikki putket ovat läpinäkyvää lasia ja kuuma primaaripiiri kylmä-/kuumavesi (densitetslös) rajapintoihin asti värjättyä vettä (näkyvää tummana). Kylmävesi, varsinaisessa laitoksessa kylmää boori-vettä, oli sen sijaan kirkasta.

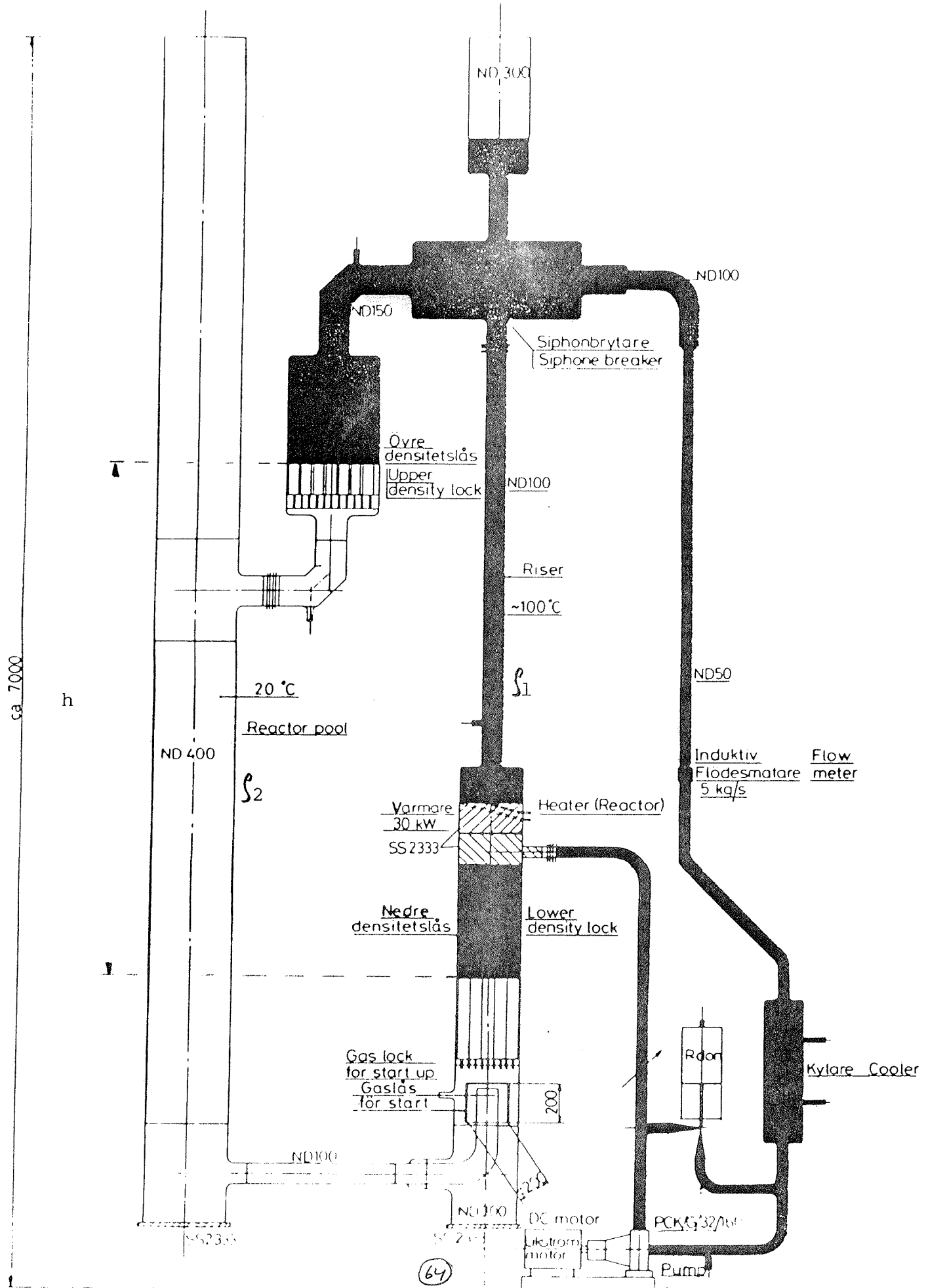
Tutustumiskäynnin aikana suoritettiin havainnollisuuden vuoksi yksi koe: pysäytettiin primaaripiirin pumppu, jolloin sydämen jäähtytys primaaripiirin kautta pysähtyi. Tällöin voitiin heti nähdä kuinka kylmävesi, "reactor poolista", alkoi syrjäyttää kuumaa värjättyä vettä ja tunkeutui sydämeen jäähtytään tätä. Luonnonkiertoa pitää yllä kylmän ja kuuman veden aiheuttama paine-ero ja jotta luonnonkierto tapahtuisi täytyy $\Delta P \sim (\rho_2 - \rho_1) gh$

missä ΔP = "jäähtytyspiirin" painehäviö vaaditulla jäähtytysteholla, veden nopeudella
 ρ_2 = kylmän veden tiheys
 ρ_1 = kuuman veden tiheys
 h = hydrostaattinen korkeus

Muista yksittäisistä kokeista, joita koelaitteistolla voidaan suorittaa, mainittakoon:

- 1 Kuormituksen seuraaminen (kaukolämmön tarve)
- 2 Nordel-häiriöt
- 3 Paineenalennustransientit
- 4 Tehotransientit
- 5 Putkirikko

GLASMODELLEN MAGNE
THE MAGNE GLASS REFR



2. Polttoainetehdas

Asea-Atomin Västeråsissa sijaitsevalle polttoainetehtaalle tuodaan raaka-aineena eri puolilta maailmaa rikastettua uraania muodossa UF_6 ja tehtaan tuotteita ovat valmiit polttoaine-elementit.

Noin 400 työntekijän tehtaan toiminta voidaan jakaa kolmeen osaan. Ensiksi uraaniheksafluoridi muutetaan uraanidioksidiksi, tämän jälkeen uraanidioksidista valmistetaan polttoainetabletit ja viimeisessä kevytmekaanisessa osassa valmistetaan ja kootaan polttoaine-elementtien eri osat.

Tehtaalle tuodun UF_6 :n rikastusaste ja alkuperämaa vaihtelee. Laitos on lisensoitu 4 % maksimirikastusasteelle. Uraanin alkuperämaita ovat esimerkiksi Kanada, Australia ja Niger. Uraaniheksafluoridi muutetaan kemiallisessa prosessissa uraanidioksidiksi. Prosessi kestää yhden erän kohdalla noin vuorokauden ja välituotteena siinä muodostuu ammoniumuranyyli-karbonaattia. Uraanin prosessihäviöksi laitoksella sallitaan 0,5 %.

Valmiiseen uraanidioksidipulveriin lisätään U_3O_8 :aa osaan myös gadoliniumia muodossa Gd_2O_3 , ja siitä puristetaan polttoainetabletteja. Sintrauksen, visuaalisen tarkastuksen, tiheyden tarkastamisen ja epäpuhtauksien tarkastamisen jälkeen polttoainetabletit ovat valmiita. Visuaalisessa tarkastuksessa niistä hylätään 10 - 20 % ja pannaan takaisin kiertoon.

Tehtaan kevytmekaanisessa osassa valmistetaan polttoainesauvat, polttoainenipun osat ja kootaan polttoainenippu. Tämän prosessin eri osissa käytetään mm. elektronisuihkuhitausta tyhjössä ja ultraääni-tarkastusta. Kunkin polttoainesauvan rikastusaste tarkastetaan tätä varten erikseen valmistetulla laitteella.

Kansalliset ja kansainväliset viranomaiset pitävät huolen siitä, että kunkin uraanierän mukana kulkee likimain sama kilomäärä paperia.

Uudelle ns. SVEA-polttoaineelle valmistuu tehdaslaajennus syksyllä 1984.

Tähänastiset tilastot AA:n valmistamalle polttoaineelle ovat hyviä. Esimerkiksi polttoainevuotoja on esiintynyt vain 0,03 %:ssa sauvoista.

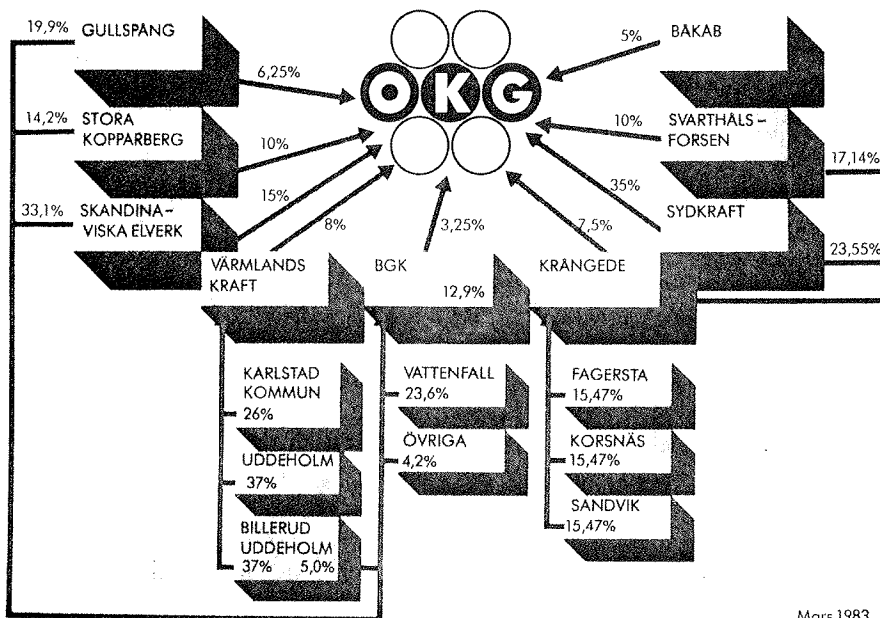


Asiakirjan nimi ja no		Sivu
MATKAKERTOMUS		1 (2)
Osasto tai toimipaikka	Laatija	Päivämäärä
V	Jari Nysten/Yrjö Hytönen/HIE	19.6.1984
Asiatunnus		
Jakelu	Tarkastanut	Päivämäärä
	Hyväksynyt	Päivämäärä
	Voimassa	

OKG-INFO

Perjantaina 18.5 klo 8.05 saapui virkeä ekskursiojouk-
komme Oskarshamnin 1700-luvulta peräisin olevaan
Simpevarpin kalastajakylään, jonka isäntämme OKG
Aktiebolag on entistänyt ja modifioinut tiedotus- ja
majoituskäyttöön. Tiedotuskeskuksessa tiedotuspäällikkö
Lars- Göran Wahlberg esitteli meille OKG:tä noin
puolen tunnin ajan sanoin, kuvin ja OI ja OII-laitos-
ten käyttöä esittelevän elokuvan avulla.

Oskarshamnsverkets Kraftgrupp AB, nykyään OKG, perus-
tettiin 1965 rakennuttamaan Ruotsin ensimmäistä kau-
pallista ydinvoimalaa, Oskarshamn 1:tä (OI). OKG:n
omistavat 9 ruotsalaista yksityistä ja kunnallista
energiayhtiötä; tarkemmat omistussuhteet käyvät sel-
ville kuvasta.



Mars 1983

OKG omistaa Simpevarpissa sijaitsevat Oskarshamn 1 ja 2 -ydinvoimalaitokset. Nettoteholtaan 440 MW:n OI:n rakentaminen aloitettiin 1966 ja se otettiin kaupalliseen käyttöön 1972. Nettoteholtaan 595 MW:n OII:n vastaavat vuosiluvut ovat 1969 ja 1974. OI- ja OII-laitokset yhdessä vastasivat vuonna 1983 n. 7 % Ruotsin sähköntuotannosta.

OKG tulee omistamaan vuonna 1985 valmistuvan OIII-laitoksen. OIII rakennusprojektin johto on OKG:n käsissä. Lisäksi OKG on 22 %:lla osakkaana Svensk kärnbränsleförsörjning AB:ssä (SKBF).

Mainittakoon, että OKG omistaa 1 % uraanilouhintaa harjoittavasta Energy Resources of Australia Ltd:stä (ERA). Omien laitostensa lisäksi OKG vastaa vuonna 1985 valmistuvan SKBF:n CLAB:n (Centralt lager för använt bränsle) käytöstä.

Yhtiön pääkonttorissa Tukholmassa työskentelee n. 70 henkeä. OI ja OII-yksiköillä työskenteli 1981 noin 350 henkeä. Vuonna 1986, jolloin OIII ja CLAB ovat toiminnassa, on henkilökuntaa arvioitu olevan Simpevarpin alueella noin 700.

16.-18.5.1984

OSKARSHAMN-3

1. Oskarshamnin voimalaitos

Oskarshamnin voimalaitos sijaitsee Oskarshamnin kaupungin lähistöllä Simpevarpin entisessä kalastajakylässä. Voimalaitoksen omistaa OKG AB, jonka osakkaina on yhdeksän kunnallista ja yksityistä voimayhtiötä. Voimalaitos muodostuu kahdesta käytössä olevasta kiehutusvesireaktorista: Oskarshamn 1 (440 MW(e), 1974) ja Oskarshamn 2 (595 MW(e), 1974) sekä rakenteilla olevasta Oskarshamn 3-yksiköstä (1055 MW(e), 1985).

2. Oskarshamn-3:n toteutusaikataulu

Oskarshamn-3:n lupahakemukset jätettiin 1974-1975 ja sen pääkoneistot tilattiin 1976. Kansanäänestyksen ja muiden poliittisten kuvioiden takia maanrakennustöihin päästiin vasta vuoden 1980 puolivälissä. Viivästyksestä lieenee ollut se hyöty, että rakennustyöt voitiin suunnitella poikkeuksellisen huolellisesti, mikä on mahdollistanut erittäin tiiviin rakentamisaikataulun: koekäyttöön päästään jonkin verran edellä aikataulua noin viiden vuoden kuluttua rakennustöiden aloittamisesta.

Voimalaitoskoneistojen päätoimittajat ovat ASEA-ATOM ja STAL-LAVAL. Turpiinin STAL-LAVAL on valmistanut Braun Boverin lisenssillä, generaattorin on Braun Boveri toimittanut. Rakennustöistä vastaa pääasiassa rakennusyhtymä Oskarshamnsarbetena.

3. Teknisiä tietoja Oskarshamn-3 laitoksesta

Oskarshamn-3 laitos on Asea-Atom BWR 75-tyyppiä, jota voidaan pitää AA:n kolmannen sukupolven kiehutusvesireaktorina; toista sukupolvea edustavat mm. TVO:n reaktorit ja ensimmäistä sukupolvea mm. Oskarshamn-1 ja -2 laitokset. BWR 75 reaktorin tekniset tiedot, prosessikaavio ja paineastian rakenne on aiemmin esitetty ATS Ydintekniikka lehdessä numero 2/1982 Forsmark-3 reaktoria käsiteltäessä, joten tältä osin viitataan aiempaan artikkeliin. Auki-leikattu perspektiivikuva Oskarshamn-3 reaktorista on esitetty kuvassa 1.

Vertailtaessa Oskarshamn-3 laitosta TVO:n laitokseen voidaan todeta seuraavat olennaiset eroavaisuudet:

- Tilojen ja laitteistojen fysikaalinen erottelu ja palo-osastointi on viety pitemmälle.
- Huolto- ja korjaustöitä ajatellen tilaussuunnittelu on tarkoituksenmukaisempi.
- Valvomosuunnittelu on kehittynyt.
- Jälkilämmönpoistojärjestelmässä on enemmän redundanttisuutta; vettä voidaan ottaa vesilauhduttimista.
- Laitos on varustettu syöttövesisäiliöllä.
- Laitoksen suunnittelussa on sovellettu erityisiä maanjärjestyskriteerejä.

4. Kiertokäynti Oskarshamn-3 laitoksella

Kiertokäynti eteni seuraavaa reittiä:

- 1 Katseluparveke reaktorihalliin
- 2 Drywell (päähöyryputket, ulospuhallusputket)
- 3 Turpiinirakennuksen etupää (höyry- ja syöttövesi-putkien ulkopuoliset pääsulkuventtiilit)
- 4 Turpiinirakennuksen läpikulku (korkea- ja matalapaineturpiinit, välitulistin, generaattori)

- 5 Jäterakennuksen valvomo
- 6 Syöttövesipumput
- 7 Päävalvomo.

Seuraavassa joitakin havaintoja kiertokäynnin aikana.

Laitoksen ulkokuori oli jo varsin viimeistellyn näköinen.

Reaktorihallissa valmistauduttiin paineastian kylmäkoneeseen, jonka oli määrä tapahtua muutaman päivän sisällä. Reaktorin sisäosat oli jo asennettu. Tilaratkaisussa kiinnitti huomiota reaktorikannen ja -kuvun polttoaineenvaihdon aikaiset säilytyslokerot varsinaisen reaktorihallin sivussa.

Wärtsilä oli parhaillaan asentamassa suojarakennuksen henkilösulkua ja Sähkölähteenmäki teki sähköasennuksia. Muista suomalaisnimistä mainittakoon Valmet, Kone ja Polartest.

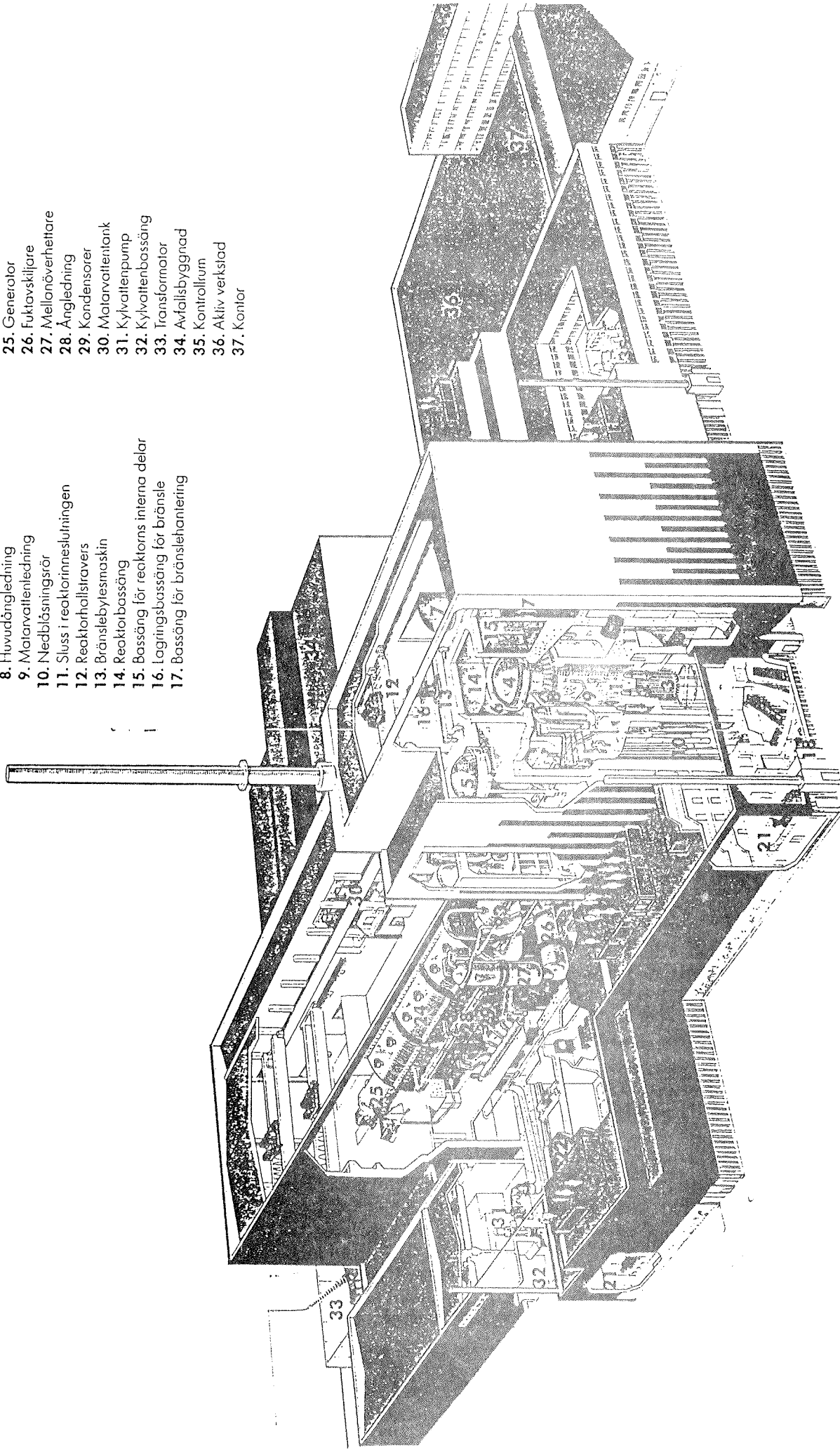
Turpiinihallin pääkomponenteista väliltulistin, yksi matalapaineturpiini ja generaattorin herätinkoneisto olivat asennuksen alla; muutoin oli jo valmiin näköistä.

Jäterakennuksen valvomossa esiteltiin Asea-Master ohjaus- ja valvontalaitteisto, joka mahdollistaa kymmenisen neliömetriä käsittävien ohjaus- ja valvontapanelien (TVO I ja II jäterakennus esim.) supistaminen muutamaan TV-monitooriin.

Päävalvomoa ei oltu rohjettu perustaa pelkästään Asea-Master järjestelmän varaan, vaan konventionaaliset ohjaus- ja valvontakaapit reunustivat valvomoa. Edistysaskeleena mainittakoon prosessien entistä havainnollisempi merkitä valvontapaneleihin.

Oskarshamnverket 3

1. Reaktortank
2. Huvudcirkulationspumpar
3. Styrstavsreglermekanism
4. Reaktortanklock
5. Reaktortanklock i position för bränslebyte
6. Kupa för inneslutningen (PS)
7. Kupa i avlyft position
8. Huvudångledning
9. Matarvattenledning
10. Nedblåsningsrör
11. Sluss i reaktornneslutningen
12. Reaktorhallstravers
13. Bränslebytesmaskin
14. Reaktorbasäng
15. Basäng för reaktorns interna delar
16. Lagringsbasäng för bränsle
17. Basäng för bränslehantering
18. Nödkylsystem
19. Dieselbyggnad
20. Hjälpsystembyggnad
21. Dieselgenerator
22. Hjälpkylsystembyggnad
23. Högtrycksturbin
24. Lågtrycksturbiner
25. Generator
26. Fuktavskiljare
27. Mellanöverhettare
28. Ångledning
29. Kondensorer
30. Matarvattentank
31. Kylvattenpump
32. Kylvattenbasäng
33. Transformator
34. Avfallsbyggnad
35. Kontrollrum
36. Aktiv verkstad
37. Kontor



Valtion teknillinen tutkimuskeskus
Ydinvoimatekniikan laboratorio
Anitta Hämäläinen, Timo Vieno

OSKARSHAMNIN KESKI- JA MATALA-AKTIIVISTEN JÄTTEIDEN VARASTOLUOLA

Oskarshamnin voimalaitosten matala- ja keskiaktiivisten jätteiden välivarastona on vuosina 1977-1979 rakennettu varastoluola. Luola sijaitsee voimalaitosalueella maan alla noin 30 metrin syvyydessä. Rakennustöiden aikana louhittiin kalliota yhteensä 63 000 m³, varastointitilavuus on 10 000 m³. Luolaan tihkuvaa vettä pumpataan ulos 100-150 m³/vrk. Välivaraston rakentamiskustannukset ilman korkoja olivat 26 milj. Skr (1980).

Varastossa säilytetään ionivaihtohartseja sisältäviä betonitankkeja (mitat 1,3x3,3x2,3 m³) ja betoniin valettuja jätteitä sisältäviä betonikokilleja (mitat 1,2x1,2x1,2 m³). Oskarshamn I ja II:lta kokilleja kertyy vuosittain yhteensä noin 60 kpl ja betonitankkeja noin 20 kpl. Kun otetaan huomioon Oskarshamn III:lta tulevaisuudessa kertyvät jätteet, riittäisi välivaraston kapasiteetti noin vuoteen 1993 asti. Jätteet on kuitenkin tarkoitus siirtää vähitellen Forsmarkiin rakennettavaan loppusijoitustilaan, joka otetaan käyttöön suunnitelmien mukaan vuonna 1988. Jätteiden poissiirron jälkeen luolaan tullaan varastoimaan suuria, lievästi kontaminoituneita metalliosia, joista osaa säilytetään nykyään taivasalla.

KÄYTETYN POLTTOAINEEN VÄLIVARASTO (CLAB)

Oskarshamniin rakennettuun käytetyn polttoaineen välivarastoon (CLAB) tullaan varastoimaan käytetty polttoaine kaikista Ruotsin ydinvoimalaitoksista. Laitoksen rakennustyöt, jotka alkoivat toukokuussa 1980, ovat

päättymässä. Laitoksen käyttöhenkilökunta, jonka määrä kasvaneen jonkin verran alunperin suunniteltua 100-110 henkilöä suuremmaksi, on koulutettavana ja osa laitoksen järjestelmistä on koekäytössä. Laitoksen käsittely- ja varastointialtaissa ei kuitenkaan ollut vielä vettä ja tietokonejärjestelmien myöhästymisen johdosta laitoksen käyttöönotto tulee viivästymään noin kahdella kuukaudella niin, että polttoainetta voitaisiin vastaanottaa maaliskuusta 1985 alkaen.

Välivaraston vastaanotto-osan, joka sijaitsee maanpäällisessä rakennuksessa, on suunnitellut ranskalainen SGN. Oskarshamniin käytetty polttoaine tuodaan laivalla kuivissa TN-17 säiliöissä. Varastossa vastaanotettava säiliö ympäröidään metallisella suojavaipalla kontaminoitumisen estämiseksi ja säiliö kytketään vesijäähdytysjärjestelmään. Jäähdytetty säiliö nostetaan vastaanottolinjan ensimmäiseen vesialtaaseen ja siirretään altaan pohjassa kulkevalla vaunulla purkualtaan alapuolelle niin, että vain säiliön kansi tulee purkualtaan puolelle. Polttoaine-elementit siirretään polttoaineen käsittelykoneella säiliöstä kasetteihin, joihin mahtuu 16 BWR-nippua tai 4 PWR-elementtiä. Kasetit viedään edelleen puskurialtaaseen, josta ne viedään hissillä maanalaiseen varasto-osaan. Polttoaineen vastaanotto on siis sangen monivaiheinen prosessi ja erillisiä vastaanottolinjoja on peräti kolme kappaletta. Niinpä CLAB:in vastaanotto-osa lukuisine siltanostureineen, polttoaineen käsittelykoneineen ja useine syvine altaaneen vaikuttaa ainakin ensi kertaa vierailevasta yllättävän suurelta ja jopa monimutkaiselta laitokselta.

CLABin varastoaltaat on louhittu kallioon 30-50 metrin syvyyteen. Valmistumassa oleva ensimmäinen vaihe käsittää neljä varastoallasta, joissa on tilaa noin 3000 tonnille käytettyä polttoainetta. Allaskokonaisuus on tuettu kallion kauttaaltaan vain keskikohdastaan, muilta osin altaat lepäävät tukien päällä, jotka sallivat altaiden liikkumisen maanjäristyksen sattuessa. Tyhjää tilaa kallion ja tuettujen altaiden välissä on noin metri.