

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA-

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND r.y.

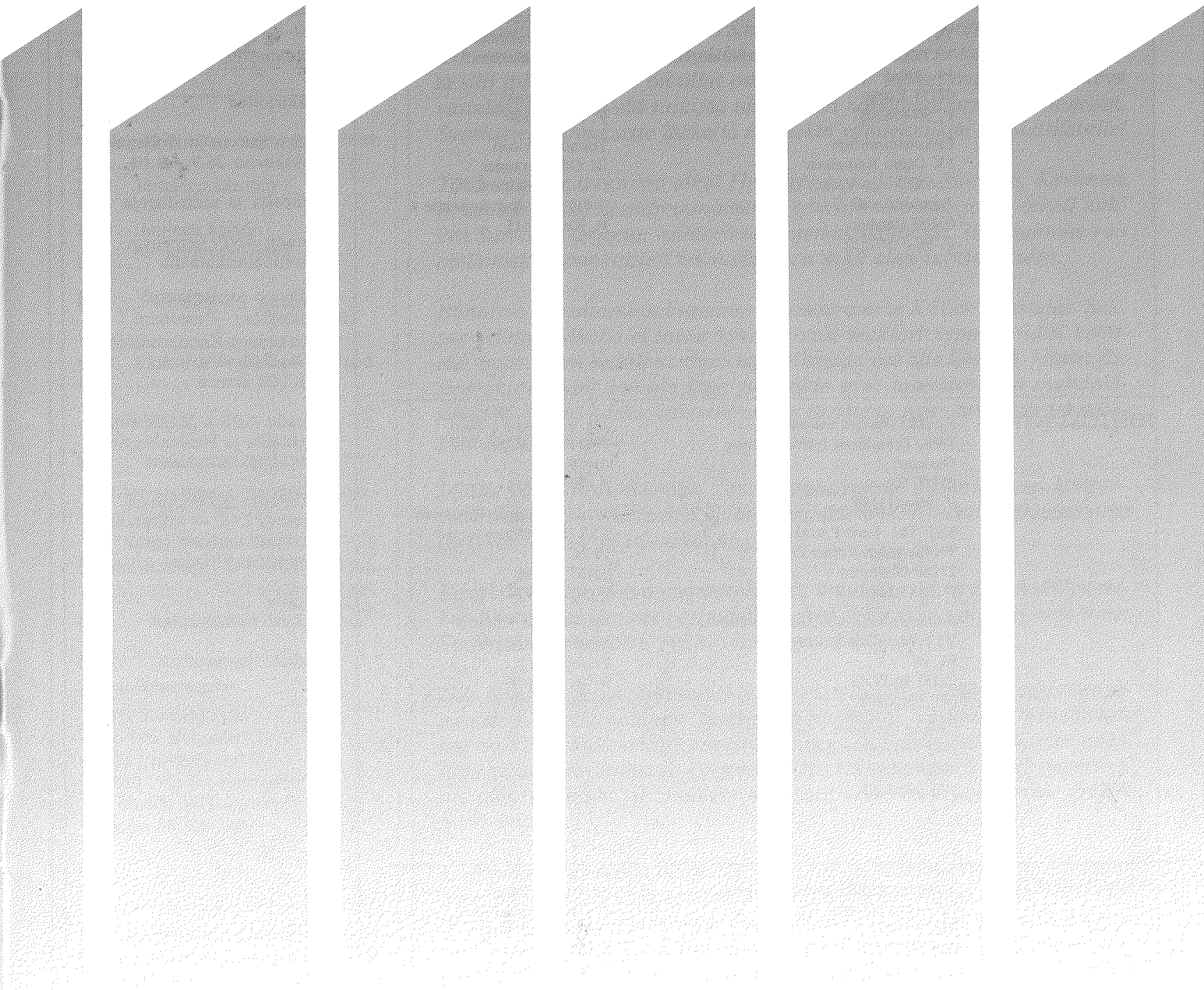


ATS

YDINTEKNIikka

4/93

vol. 22



ATS

YDINTEKNIikka

4/93, vol. 22

JULKAISIJA

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

TOIMITUS

Päätoimittaja
Tkt Seppo Vuori
VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio
PL 208
02151 Espoo
P. 90-4565067

Erikoistoimittaja
FK Osmo Kaipainen
Teollisuuden Voima Oy
Annankatu 42 C
00100 Helsinki
P. 90-61802522

Erikoistoimittaja
FL Risto Paltemaa
Säteilyturvakeskus
PL 268
00101 Helsinki
P. 90-7082380

Toimitussihteeri
DI Olli Nevander
IVO International Oy
01019 IVO Rajatorpantie 8
P. 90-5082613

JOHTOKUNTA

Pj. Tkt Rainer Salomaa
TKK/Teknillisen fysiikan laitos
Otakaari 2
02150 Espoo
P. 90-4513199

Vpj. TkL Eero Patrakka
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
P. 938-3811

Rahastonhoitaja DI Seija Hietanen
VTT/Metallilaboratorio
PL 26
02151 ESPOO
(90) 456 6897

Sihteeri DI Petra Lundström
IVO International Oy
01019 IVO
(90) 508 5422

Jäs. DI Pekka Louko
IVO International Oy
01019 IVO
P. 90-5082454

Jäs. TkL Rauno Rintamaa
VTT/Metallilaboratorio
Pl 26
02151 Espoo
P. 90-4566879

Jäs. DI Olli Vilkkamo
Säteilyturvakeskus
PL 268
00101 Helsinki
P. 90-7082372

TOIMIHENKILÖT

Yleissihteeri DI Aarno Keskinen
IVO International Oy
01019 IVO
(90) 5082535

Kans.väl.asioiden.siht.
DI Jussi Palmu
Imatran Voima Oy
PL 112
01601 Vantaa
P. 90-5084562

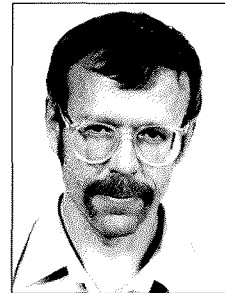
Ekskursios sihteeri
DI Tapio Saarenpää
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
P. 938-3814312

SISÄLTÖ

Pääkirjoitus	1
ATS:n Saksan ja Hollannin ekskursio 26.9.—2.10 ..	2
Lampaita ja sentrifugeja .	6
Vierailu ANF/Siemensin polttoainetehtaalla	8
Emsland PWR-laitos	12
Tapaaminen Kerntechnische Gesellschaft e.V.:n (KTG) kanssa	15
Vierailu ABB:n Mannheimin tehtailla ja Heidenbergin tutkimuskeskuksessa ...	16
Karlsruhen ydintutkimus- keskus KfK — saksalaisen ydintutkimuksen lopun enteet aistittavissa	18
Vierailu Gundremmingenissä ...	20
English abstracts	24

TKT Rainer Salomaa on TKK:n teknillisen fysiikan laitoksen professori ja ATS:n puheenjohtaja, p. 90-451 3199.

Rainer Salomaa



ATS:n ekskursio Saksaan ydinvoimapäätöksen varjossa

ATS YDINTEKNIikka (22) 4/93

Varautuminen onnettomuuteen — pelastuspalvelu

Vuoden 1993 numeroiden teemat ovat:

- 1/93 Jätteiden käsittely
- 2/93 Ihminen käytön turvallisuustekijänä
- 3/93 Varautuminen onnettomuuteen — pelastuspalvelu
- 4/93 Ekskursio — Keski-Eurooppa

Vuosikerran tilaushinta muilta kuin ATS:n jäseniltä: 200 mk

Ilmoitushinnat: 1/1 sivua 2000 mk
1/2 sivua 1400 mk
1/3 sivua 1000 mk

Toimituksen osoite:

ATS Ydintekniikka
c/o Olli Nevander
IVO International Oy
01019 IVO Rajatorpantie 8
p. 90-508 2613 (suora)
telefax 90-508 3404

Lehdessä julkaistut artikkelit edustavat kirjoittajien omia mielipiteitä, eikä niiden kaikissa suhteissa tarvitse vastata Suomen Atomiteknillisen Seuran kantaa.

ISSN-0356-0473

Olen kolmasti osallistunut ATS:n ulkomaiseen opintoretkeen. Jokainen retki on tarjonnut kattavan yleiskuvan ydintekniikan koko kenttään, mutta silti jokainen retki on ollut omaleimainen. Retket ovat olleet väkevä vastaläike ikääntyvää tutkijaa uhkaavaan norsunluutornisyndroomaan. Suosittelen varauksetta lääkettä muillekin ydintekniikan ammattilaisille!

Tänä vuonna ekskursio alkoi Hollannista ja jatkui Saksaan. Kävimme Emslandin sekä Gundremmingenin ydinvoimaloissa, jotka olivat kahden Suomeen tarjotun vaihtoehdon referenssilaitoksia. Tutustuimme voimalaitoskomponenttien valmistukseen sekä alan tutkimukseen.

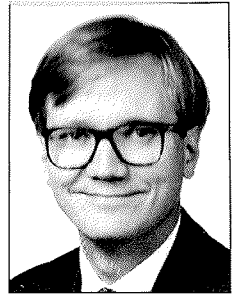
Bonnissa tapasimme saksalaisen sisarseuramme KTG:n edustajat. Saksan ydintekniikalla ei mene hyvin: Uusia reaktorityyppejä tulisi kehittää, mutta alan tutkimusresursseja leikataan raa'alla kädellä. Uudet fissioreaktorityypit samoin kuin fuusiokin ovat tulevaisuuden mahdollisuuksia, mutta niiden toteuttamiseen tarvitaan nykyisen fissioteknologian tarjoama silta.

Matka päättyi Müncheniin, jossa perehdyimme Baijerilaiseen kansanperinteeseen Oktoberfestillä. Silminnäkiäkuvaukset vierailukohteistamme löytyvät lehden sisäsivuilta.

Eduskunta teki ydinvoimapäätöksensä muutama päivä ennen ATS:n retken alkua. Isäntiemme pettymys oli ehkä vielä syvempi kuin omamme: Suomelta oli toivottu positiivista signaalia.

Niin Saksassa kuin Suomessakin energian lisätarve sekä ympäristösopimuksien noudattaminen tulevat vääjäämättä vastaan. "Ei-ydinvoima"-vaihtoehdoille on nyt annettu tilaisuus. Toivottavasti poliittiset päätäjät viisastuvat tulevista kokemuksista. Valitettavasti 24.9.93 menetimme ainutkertaisen tilaisuuden; ostetusta aikalisästä joudumme kaikki maksamaan.

Energiatulevaisuuden näkymät tietenkin heijastelevat katsojansa asenteita. Ekskursiojoukkueemme oli tavallista nuorempaa väkeä, jolla vielä on jäljellä taisteluhenkeä. Sama henki oli aistittavissa ATS:n syysseminaarissa 12.10.93. Ydinvoima-apatian torjumisessa sekä seuraavan taistelun voittamisessa ATS:llä on edessään haaste. Alamme on muutenkin kuin onnettomuuksiin varautumista. Ydintekniikan hedelmät — mm. sähkö ja säteilyn käyttö lääketieteessä — ovat tavallisen kansalaisen hyvinvointia lisääviä, haluttuja asioita. Ei niihin käytettävää tekniikkaa tarvitse kammota.



ATS:n SAKSAN JA HOLLANNIN EKSKURSION 26.9. -2.10.1993



Kulttuuria puoli tuntia — Heidelbergin linna.

Matkalle lähtö ajoittui heti eduskunnan 24.9. tekemän periaatepäätöksen jälkeen. Osallistujat olivat kenties salaa toivoneet voivansa toimia henkilökohtaisesti myönteisen viestin sanansaattajina kohdemaahan, jonka esittämät laitostarjoukset olisivat epäilemättä olleet vahvasti esillä kilpailun loppusuoralla.

Eduskunnan päätös on jo tätä luettaessa ilmeisen loppuun kaluttu aihe ja siksi se alkoi muodostua jo ekskursionmatkalaisillekin. Sananmukaisesti jokainen isäntä sai vuorollaan kuulla esityksiä hakemuskäsittelyn sisällöstä ja arvioita viime vaiheen kielteiseen päätökseen johtaneista syistä. Positiivista matkan ajankohdan suhteen oli sen sijaan erityisesti sen päättyminen Müncheniin samanaikaisesti Oktoberfestin kanssa. Matkan ajoitus sinänsä oli siis hyvä, eduskuntakäsittelyn jälkeiset olosuhteet eivät sen sijaan parhaat mahdolliset.

HOLLANTI

Matka aloitettiin lentämällä sunnuntai-iltana Amsterdamiin. Kentälle melkein ajoissa saapuneet kaksi isoa bussia riittivät hyvin viidentoista hengen tarpeisiin. Itärajan tuntumassa sijaitsevan Almelon hotellia etsittäessä tarjoutui heti hyvä tilaisuus tutustua kuljetajamme suunnistustaitoon ja paineensietokykyyn. Ominaisuuksiin, joilla olisi ollut käyttöä myöhemminkin viikon aikana.

Väkeväinti

Maanantaiaamupäivänä tehtiin matkan ainoa vierailu ennen Saksan rajaa Urencon väkeväintilaitokselle Almelossa. Sähköntarpeen tiedettiin jäävän murto-osaan diffuusiolaitoksen vaatimasta, mutta silti sentrifugien valtaisa lukumäärä teki ilmeisen vaikutuksen jokaiseen osallistujaan. Samoin tekniikan huolellinen varjelu.

Lounaan jälkeen matkan päälle ja rajan yli Saksaan, mitä eivät kylläkään huomanneet muut kuin tarkkasilmäisimmät.

SAKSA

Heti rajan toisella puolella Lingenissä saimme tilaisuuden tutustua Advanced Nuclear Fuels -yhtiön polttoainetehtäseen. Yleisesittelyssä kuulumme kuinka Siemensin osana nykyisin toimivan yksikön amerikkalainen tausta ilmenee vieläkin esim. siten, että tehtaan johto raportoi juurilleen valtameren taakse. Tehdaskierroksella saattoi todeta valmistuksen ilmeisen pitkälle automatisoiduksi esimerkiksi mitä tulee viime vaiheen nippujen kasaamiseen.

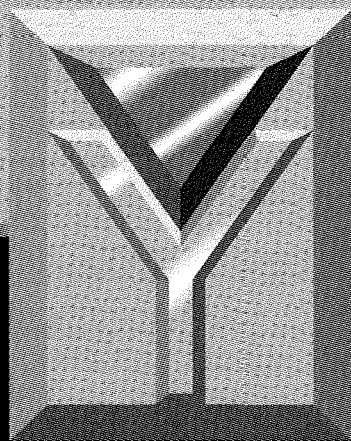
...jatkuu sivulla 4

OSANOTTAJAT

Ernsten Svante
Härmä Heikki
Inkinen Veli-Matti
Jakonen Sami
Kainulainen Erja
Käräjäoja Paavo
Lavi Petri
Matikainen Marjo
Paavola Ilkka
Palsinajärvi Christer
Pesonen Jari
Raiko Heikki
Roine Teijo
Saarenpää Tapio
Salomaa Rainer

ABB Strömberg Power Oy
Siemens Oy
Teollisuuden Voima Oy
Teollisuuden Voima Oy
Säteilyturvakeskus
IVO International Oy
Teollisuuden Voima Oy
IVO International Oy
IVO International OY
IVO International Oy
Teollisuuden Voima Oy
Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus
Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus
Teollisuuden Voima Oy
Teknillinen Korkeakoulu

VUODEN MERKITTÄVIN ENERGIATAPAHTUMA



ENERGIA JA KUNNOSSAPITO

94

**Erikoismessut ja kongressi
Tampere Pirkkahalli 18.-20.10.1994**

NÄYTTELYILOJEN VARAUKSET JA LISÄTIEDOT:

Expomark Oy
Yliopistonkatu 28 A
40100 Jyväskylä
Puhelin (941) 611 133
Fax (941) 611 544

Järjestäjät: Expomark Oy, Teollisuuden Energialiitto TELI ry.
Kustannus Oy Kunnossapitotekniikka, Kunnossapitoyhdistys ry.

Onko yrityksenne mukana energia- alan kattavassa, laaja-alaisessa läpileikkauksessa ?

Tapahtumassa, joka kokoaa
yhteen toistakymmentätuhatta
energia-alan ammattilaista ja
asiantuntijaa.

Arvokkaampaa kohde-
ryhmää on vaikea yhtäaikaa
löytää.

Tulevaisuuden menestyjät
ovat mukana Energia ja kunnos-
sapito 94 erikoismessuilla.

Näyttelytilojen varaus on
käynnissä. Tervetuloa.



*Viirit jaettiin
joka kohteessa.*

Seuraavan matkapäivän alkuun mennessä ryhmä oli jo ottanut ratkaisevan askeleen yhteishenkensä rakentamisen tiellä lähinnä kollektiivisilla keskusteluilla ydintekniikan jatkonäkymistä kotimaassa ja erityisesti eturivin poliitikkojemme henkilökohtaisen ominaisuuksien vaikutuksesta siihen.

Emsland-PWR

Ammatillinen puoli jatkui Lingen/Ems:ssä polttoainetehtaan välittömässä läheisyydessä sijaitsevassa Emsland PWR- laitoksessa. Laitoskierros osoitti turva- ja säteilysuojelujärjestelyt saksalaisittainkin erityisen täsmällisiksi. Saksan viimeisimpään ns. konvoisarjaan kuuluvan laitoksen siisteys ja kaikkinaisen järjestys oli silmiinpistävä.

Loviisa 3:n saksalaisena referenssilaitoksena kohde oli erityisen mielenkiintoinen, vaikkakin kielteisen periaatepäätöksen jälkeen ilmassa oli auttamatta jossittelun makua. Laitostoimittajan edustajan kasvoilta joutuivat vieraat lukemaan yllättävänkin suurta pettymystä.

KTG-veljesseuramme

Pohjoisessa kolmen lähellä toisiaan sijainneen kohteen jälkeen aloitettiin taitovallus etelään, ensin Bonniin tapaamiseen paikallisen veljesseuran kanssa. Kerntechnische Gesellschaftin edustajien kanssa käytyjen pöytäkeskustelujen ja isäntien pitämien puheiden avulla saatiin syventyä alan paikalliseen tilaan. Jos oli vieraisissa havaittavissa pettymystä kansanedustuslaitokseensa, niin sitäkin toivottomampia oli osa isäntien lausunnoista.

Bonnista taas etelään ja matkan valmistavan

puolen antiin. ABB:n turpiini- ja generaattoritehdas Mannheimissa osoitti, että ydinvoimaloiden tilauskannan pienuus ei välttämättä sittenkään ole kaikille tappioksi. Yhtiöjätile kun riittää siitä huolimatta markkinoita konventionaalisella puolella. Erityisesti kaasuturpiinit vaikuttivat nykytilanteessakin kysytyiltä ja niiden tuotekehitys edistykselliseltä.

Heidelberg

Koko päivän isännöimä ABB vei vieraat iltapäiväksi Heidelbergin tutkimuskeskukseensa. Tehokkaaseen ohjelmaan ehti sisältyä lukuisten kehityshankkeiden käytännön esittelyä. Aluksi nähtiin muun muassa konsepti tulevaisuuden multimediaalvomosta, lopuksi tutustuttiin materiaalitutkimukseen laboratoriotiloissa. Vierailu jätti vahvan kuvan ennen muuta ensiluokkaisesta hoidetusta PR- toiminnasta.

Heidelbergissä järjestyi riittävästi aikaa pikaiselle kulttuurinälän tyydyttämiseksi ylhäällä majesteettillisella linnalla. Myöhemmin iltavalaistuna sama näkymä alhaalta jo pimentyneestä vanhasta kaupungista sai jokaisen mukana olleen yhtymään miellesään sanoihin "Ich hab' mein Herz in Heidelberg verloren". Isäntien tarjoama illallinen auttoi ekskursiolaiset alkuun yhteishengen lopulliseen kuntoon hiomisessa, mihin menikin useampi tunti.

Karlsruhe

Seuraavan päivän kohteena oli Kernforschungszentrum Karlsruhe, jonka jäljellä olevaan reaktoritutkimukseen saatiinkin tutustua koko päivän ajan. Etenkin ilta-

päivällä keskuksen useisiin laboratorioihin tehty vierailukierros oli vierailun mielellinpainuvin osuus. Fuusiotutkimusta si-
vuavat suprajohtavien magneettien testaukseen sekä tritiumin käsittelyyn keskityneet laboratoriot vaikuttivat ehkä näistä edistyksellisimmiltä.

Gundremmingen-BWR

Viikon viimeiseksi kohteeksi oli valittu Gundremmingenin BWR-laitos, edelleen etelämpänä ja nyt jo Baijerissa. Laitoskierroksen vetäjät osoittivat poikkeuksellisen suurta joustavuutta vieraiden toiveiden suhteen ja näimme jokseenkin kaikki ne paikat, joita rohkenimme kysyä. Itse laitoksesta jäi ainakin Olkiluotolaisille jotenkin aika kotoinen kuva.

Laitoskierroksen jälkeen osoitettu vieraanvaraisuus oli sekin mieliä kohottavaa ja selittyi ilmeisesti ainakin osittain joulunpäivän erityisellä roolilla paikallisessa työviikossa. Joka tapauksessa tällä kertaa laitostoimittajankin edustaja otti tappionsa Suomen eduskunnalle huomattavasti iloisemmin vastaan.

Oktoberfest

Kaikki hyvä loppuu aikanaan, niin myös tämänvuotisen ekskursioiden ammatillinen osuus. Tuskaa oli tosin tällä kerralla helppo lievittää suuntaamalla askeleensa kohti Oktoberfestin iloista tivolitunnelmaa. Perille päästyä kävi ilmi, että sadat, tuhannet ilmeisesti jopa sadattuhannet muutkin olivat löytäneet "Wiesenin".

Äärimmäisessä väenpaljoudessa joukon yhtenäisyys oli ensi kertaa koetteilla, to-



Tarkkaa tutustumista kohteisiin — tässä kaasuturpiiniin.

sin puhtaasti fyysisessä mielessä. Jälkikäteen kuitenkin ilmeni, että kukin tungoksessa tahtomattaan eksynyt pienryhmä oli tahollaan kyennyt saavuttamaan illan ai-nutkertaisen tunnelman.

Yhtenäinen retkikunta

Matkan yleisvaikutelmaa saattaisi luonnehtia ohjelmaltaan tasapainoiseksi. Ainakin vierailut sisälsivät monipuolisen läpi-

pileikkauksen polttoaineen valmistuksen eri vaiheita, voima- ja tutkimuslaitoksia sekä tarpeellisena täydennyksenä konventionaalisten komponenttien valmistusta. Toinen erityispiirre oli ryhmän voimakas yhtenäisyys. Tämä osoitettiin todeksi useaan otteeseen, jopa mitä tulee ryhmän totaaliseen tupakoimattomuuteen. Jopa alkuun dikta-torisesti johdettu Gruppa IVO saatiin lopulta sulautettua muuhun joukkoon.

Kiitokset

Matkan onnistumisesta lankeaa suurkiitos kullekin isännälle ja niille pitemmälle ehti-neille kollegoille Suomessa, jotka auttoivat yhteyksien rakentamisessa vierailukohteisiin. Tässä varsinkin TVO:n Ilkka Mikkola, Siem-sensin Jaakko Toppila ja ABB:n Svante Ernsten vähensivät tämän kirjoittajan val-mistelutaakan peräti kohtuulliseksi. Matkatoimisto Arean ryhmämatkat-osaston Outi Ojala, jo usemman ATS-matkan jär-jestäneenä, vastasi ymmärtämyksellä taas kerran ekskursionsihteerin kerta kerralta tarkentuviin ja muuttuviin toiveisiin.

Virkkauransa puolivälin nyt mitä ilmeisim-min ylittänyt ”sihteerimestari” haluaa kiittää lämpimästi kaikkia mukana olleita arvokkaasta panoksestaan ryhmämme ja siis seuramme yhteishengen rakentami-seen. On kaikki syy uskoa, että sillä saat-taa olla käyttöä alamme yhteisen tulevai-suuden turvaamisessa.

DI Tapio Saarenpää on TVO:n tek-nisen osaston instrumentointitekniikan toimiston automaatioinsinööri ja ATS:n ekskursionsihteeri, puh. 938-381 4312.

MATKAOHJELMA

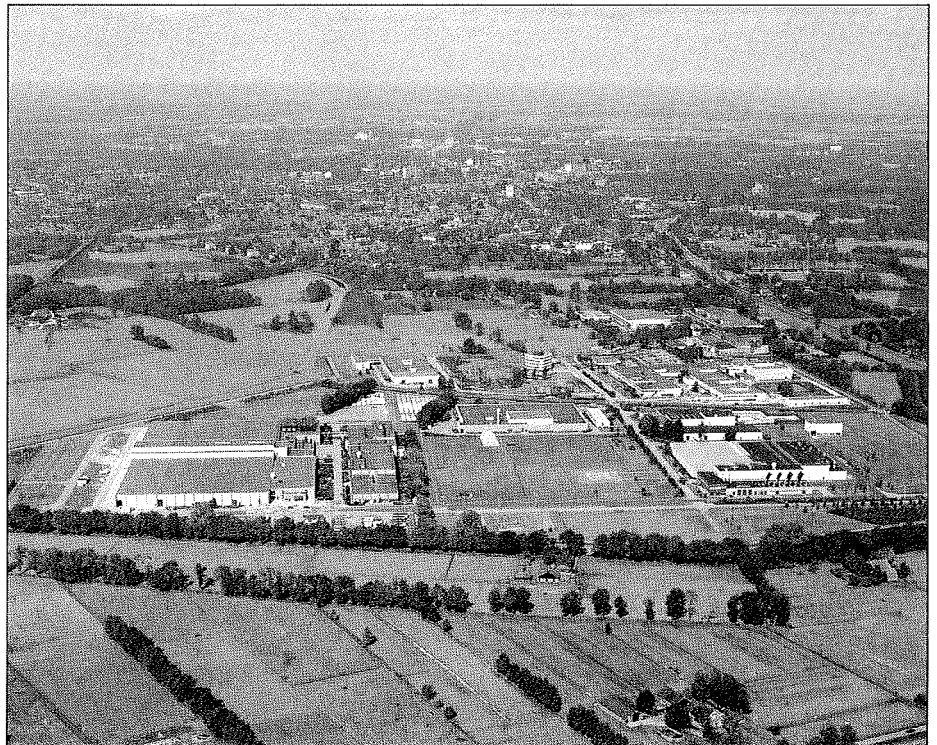
- pe 24.9. (Eduskunta teki kielteisen periaatepäätöksen)
- su 26.9. Lento Helsinki-Tukholma-Amsterdam
Bussi Amsterdam-Almelo
- ma 27.9. Vierailu Urencon väkevöintilaitoksessa
Bussi Almelo-Lingen
Vierailu Advanced Nuclear Fuels/Siemensin polttoainetehtaalla
- ti 28.9. Vierailu Emsland PWR-laitoksella
Bussi Lingen-Bonn
Tapaaminen Kerntechnische Gesellschaftin kanssa
- ke 29.9. Bussi Bonn-Mannheim
Vierailu ABB:n turpiini- ja generaattoritehtaalla
Bussi Mannheim-Heidelberg
Vierailu ABB:n tutkimuskeskuksessa
- to 30.9. Bussi Heidelberg-Karlsruhe
Vierailu Kernforschungszentrum Karlsruhe:ssa
Bussi Karlsruhe-Günzburg
- pe 1.10. Vierailu Gundremmingen BWR-laitoksella
Bussi Gundremmingen-München
- la 2.10. Vapaa
(Oktoberfest päättyy)
Lento München-Kööpenhamina-Helsinki

Matkalle osallistui ATS:n puheenjohtajan prof. Salomaan johdolla viisitoista seuran jäsentä. Luku on kiitettävästi suurempi kuin viime-vuotisella matkalla.

LAMPAITA JA SENTRIFUGEJA

Vierailu Urenco:n väkevöintilaitoksella

Hollannissa lähellä Saksan rajaa sijaitsee 62000 asukkaan pikkukaupunki Almelo. Kaupungin laidalta löysimme uraanin sentrifugirikastukseen ja lampaiden kasvatukseen erikoistuneen laitoksen. Tämä yleisilmeeltään siisti laitos oli ATS:n vuoden 1993 ulkomaan ekskursion ensimmäinen vierailukohde.



Urenco:n laitos, Almelo.

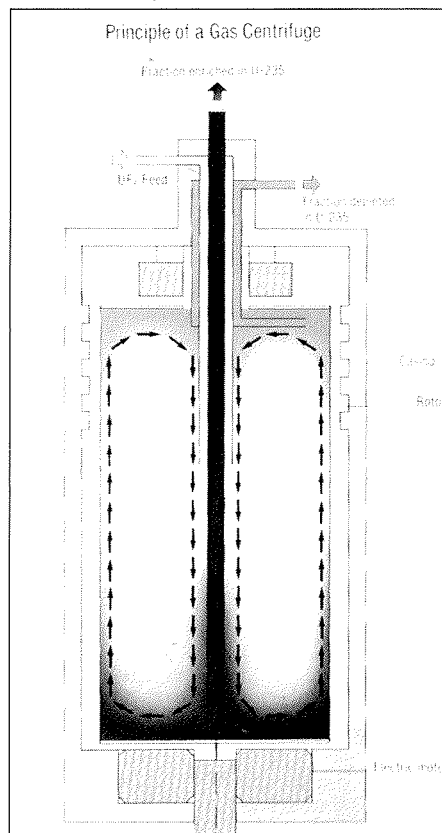
Isäntinäimme toimivat hollantilainen Mr. Van der Elst ja Mr. Rainer Pannier, joka oli saapunut vierailumme johdosta Almeloon Urencon englannin laitokselta. Seurueellamme oli ilo tutustua Mr. Pannieriin ja paikallisiin olutlaatuihin jo yhteisessä majapaikassamme, seudun parhaassa ja ainoassa Theater Hotellissa.

Laitoskierroksella Mr. Van der Elst totesi lampaiden kasvatuksen olevan vain Urencon rikastuslaitoksen sivuharrastus, ei päätoimiala. Lihavien ruohonsyöjien tarkoitus oli antaa tehdasalueesta ympäristöystävällinen kuva ja myös vähentää nurmienttien hoitokustannuksia.

URENCO yhtiönä

Almelon URENCO Ltd:n päätoimiala on uraanin rikastus ultrasentrifugimenetelmällä. Toimilupa sallii uraania rikastettavan ainoastaan ydinvoimaloiden polttoaineeksi, vaikka laitteiden kapasiteetti ylemmäs riittäisikin. Tällä alueella koko URENCO Ltd:n markkinaosuus maailmassa on 11 %. Toinen tärkeä toimiala on ultrasentrifugiin valmistus.

Erikoismateriaalien tuntemus on avannut Urencolle markkinoita myös avaruus- ja lentokoneiteollisuuden puolelle aurinkokennojen, satelliittien osien yms. muodossa.



Periaatekaavio kaasusentrifugista.

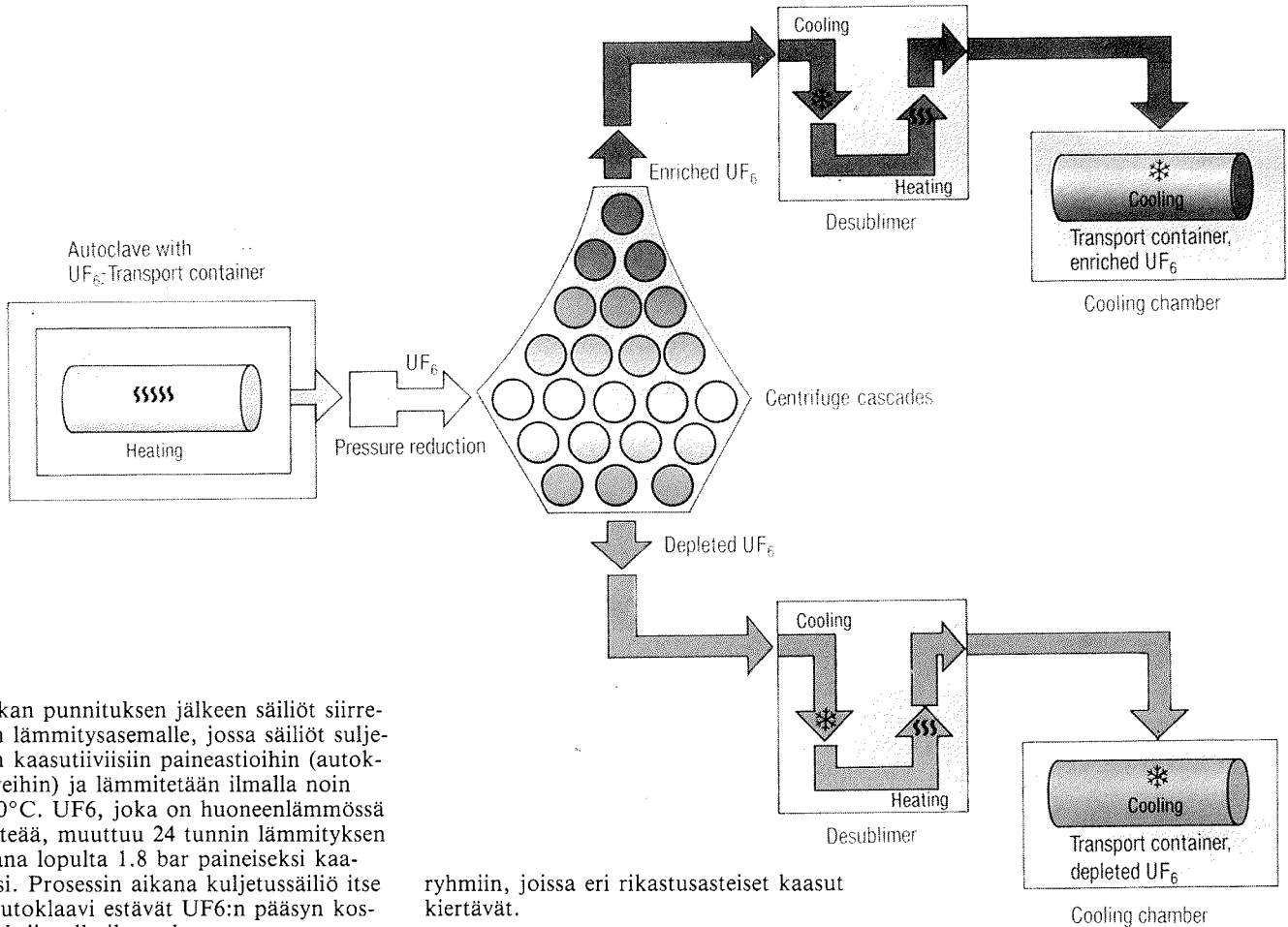
Urenco Ltd:n omistaa Hollantilainen Ultra Centrifuge Nederland (UCN), Brittiläinen British Nuclear Fuels (BNFL) ja Saksalainen URANIT GmbH kunkin 1/3 osuudella. Osakkaiden välinen yhteistyösopimus allekirjoitettiin vuonna 1971, jonka seurauksena uraanin sentrifugirikastus pyörähti Almelossa käyntiin vuonna 1976. Tänäpäin 50 hehtaarin laitosalueella työskentelee 570 työntekijää.

SENTRIFUGIVÄKEVÖINTI

Uraani sisältää luonnonollessaan ainoastaan 0.7% fissiokelpoista U-235 isotooppia, loppujen ollessa U-238:a. Kevytvesireaktoreihin luonnonuraanin U-235:n pitoisuus on riittämätön. Pyörivien sentrifugin avulla on mahdollista erottaa erimassaiset U-235 ja U-238 ja saavuttaa vaadittava 3–5% U-235-pitoisuus. Menetelmää kutsutaan sentrifugiväkevöinniksi.

Väkevöintiprosessi

Asiakkaiden luonnonuraani käsitellään erityisillä muutoslaitoksilla uraaniheksafluoridiksi (UF6), joka on huoneenlämmössä valkoista kiinteää ainetta. Urencon tehtaille UF6 toimitetaan kansainvälisten standardien mukaisissa kuljetussäiliöissä, joiden halkaisija on noin 1.2 m ja pituus 3.8 m. Säiliöt sisältävät 12.5 tonnia kiinteää UF6:a 1/10 ilmakehän paineessa.



Tarkan punnituksen jälkeen säiliöt siirretään lämmitysasemalle, jossa säiliöt suljetaan kaasutiiviisiin paineestioihin (autoklaaveihin) ja lämmitetään ilmalla noin +70°C. UF₆, joka on huoneenlämmössä kiinteää, muuttuu 24 tunnin lämmityksen aikana lopulta 1.8 bar paineiseksi kaasuksi. Prosessin aikana kuljetussäiliö itse ja autoklaavi estävät UF₆:n pääsyn kosketuksiin ulkoilman kanssa.

Autoklaavista kaasumainen UF₆ siirtyy putkia pitkin paineenalennusasemalle, jossa paine lasketaan kahdessa vaiheessa 50 mbar:n. Paineenalennusasema ja siirtoputket ovat sähkölämmitteisiä, jotta UF₆:n kiinteytyminen putkistoihin ja venttiileihin voitaisiin estää.

Paineenalennusasemalta matalapaineinen kaasu syötetään kaskadihalleihin, jotka muodostavat laitoksen sydämen. Siellä sijaitsevat sentrifugit, jotka erottavat fissionkelpoisen U-235:n fissiokelvottomasta U-238:sta. UF₆-kaasu syötetään ultrasentrifugin roottoriin, jossa se joutuu voimakkaaseen pyörimisliikkeeseen. Keskipakovoima pakottaa painavamman U-238:n lähemmäksi roottorin ulkoseinämiä ja kevyempi U-235 jää lähemmäksi roottorin akselia. Yhdellä sentrifugilla ei pystytä saavuttamaan tarvittavaa 3–5% rikastusastetta, joten tuhansia sentrifugeja on kytketty rinnakkaisien kaskadien

ryhmiin, joissa eri rikastusasteiset kaasut kiertävät.

Useiden rikastusvaiheiden jälkeen saadaan lopputuotteeksi 3-5 % rikastettua UF₆:a. Jäljelle jäänyt "häntä" sisältää ainoastaan 0.25 % U-235:sta. Alhaisesta paineesta johtuen pienet vuodot putkistossa eivät aiheuta päästöjä ympäristöön.

Tuotteen keräily — häntä erilleen

Sentrifugeista lopputuote ja häntä johdetaan erillään toisistaan erityisiin keräyssäiliöihin, joita voidaan jäähdyttää ja lämmittää. Keräyksen onnistumiseksi säiliöt jäähdytetään -70°C, jolloin UF₆ kiinteytyy säiliöiden seinille. Kun keräyssäiliöt ovat täynnä, ne lämmitetään uudelleen noin +50°C. Höyrystyvä UF₆ kulkeutuu juuri alle yhden ilmakehän paineessa kuljetussäiliöiden täyttöasemalle.

Täyttöasemalla lopputuotteet johdetaan jäähdytyskammioissa sijaitseviin kuljetussäiliöihin. Rikastettu UF₆ jäähdytetään ilmalla ja "häntä" vedellä kiinteään olo-

Prosessikaavio UF₆:n väkeväinnistä.

muotoon. Punnitusten jälkeen rikastettu UF₆ on valmiina lähetettäväksi takaisin asiakkaalle. Urecon laitoksen 20-vuotisen toiminnan aikana kertyneet "hännät" mahtuivat kuljetussäiliöissä hyvin siisteihin riveihin takapihan jalkapallokentälle.

DI Marjo Matikainen työskentelee IVO International OY:ssä Ydinvoimatekniikan osastolla Materiaali- ja korroosioinsinöörinä, p. 90-508 2455

DI Ilkka Paavola työskentelee IVO International OY:ssä Ydinvoimatekniikan Prosessitoimistossa Suunnitteluinsinöörinä, p. 90-508 2407

Vierailu ANF/Siemensin polttoainetehtaalla



ADVANCED NUCLEAR FUELS GmbH:n polttoainetehtas sijaitsee Lingenissä, Saksassa aivan Emslandin ydinvoimalaitoksen läheisyydessä. ANF GmbH on SIEMENS POWER CORPORATION:n (Bellevue, Washington) tytäryhtiö. Yhtiö on valmistanut polttoaine-elementtejä sekä PWR että BWR laitoksille vuodesta 1979 lähtien.

TAUSTAA

Yhtiö perustettiin vuonna 1975 EXXON NUCLEAR nimisenä. Kaupallisen toiminnan yhtiö aloitti vuonna 1979. Vuosina 1981-84 tehdasta laajennettiin uraaninkäsittely- ja varastokapasiteetin lisäämiseksi. Vuonna 1987 Siemens osti yhtiön ja nimi muuttui nykyistä vastaavaksi. Tehdas kokosi alkuvaiheessa pelkäästään polttoaine-elementtejä ja vasta 1988 tuotantoon otettiin UO₂-pellettien valmistuslinja. Vuonna 1991 aloitettiin kuivakonversiolaitoksen rakentaminen. ANF:n työntekijämäärä laitoksella on n. 300 henkilöä.

Yhtiöllä on polttoaineen toimitussopimuksia kaikkiaan kuuteen maahan: Saksaan, Ranskaan, Ruotsiin, Suomeen (TVO), Belgiaan ja Sveitsiin.

Laitoksen vuotuinen lisensioitu uraaninkäsittelykapasiteetti on 400 tn. Polttoaineen maksimi sallittu väkevöintiaste on 5 % U₂₃₅. Varastotilaa on kaikkiaan 152 valmiille polttoaine-elementille ja UF₆ :lle 2000 tn. Tehdas on 13 toimintavuoden aikana valmistanut kaikkiaan n. 1 milj. polttoainesauvaa (6000 elementtiä). Tällä hetkellä laitoksen vuorokausituotanto ainoalla kokoonpanolinjalla on 1-4 elementtiä (1-2 PWR, 3-4 BWR).

Polttoaine-elementtien valmistuksessa tarvittavat rakenteelliset komponentit tuodaan ulkopuolisilta laitetoimittajilta ja Siemensiltä.

Vierailukohde ANF GmbH:n polttoainetehtas ilmasta nähtynä.

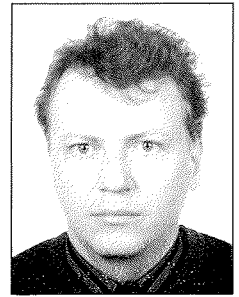
POLTTOAINE-ELEMENTIN VALMISTUS

Uraanidioksidi-jauheen sekoitus

Polttoaineen valmistus aloitetaan nykyään suoraan UO₂:sta, koska kuivakonversiolaitos ei ole saanut vielä käyttöluoppaa. Kuivakonversio prosessin etuna perinteisiin merkkiin prosesseihin verrattuna ovat vähäiset päästöt ja jätteen tuotto. Aluksi UO₂-jauhe homogenisoidaan kartiomaisessa sekoittajassa, jonka jälkeen siihen lisätään voiteluaineita ja huokoisuutta lisääviä aineita. Näin parannetaan jauheen puristettavuutta pelletoinnin aikana ja pellettien keraamisia rakenneominaisuuksia.

Pellettien puristus

Uraanidioksidi-jauheesta valmistetaan puristimessa aluksi nk. "vihreitä pellettejä", joilla on noin kolminkertainen tiheys verrattuna alkuperäiseen jauheeseen. Pelletit sintrataan uunissa vety-tyyppi ilmakehässä noin 1780°C lämpötilassa 2-3 tunnin ajan. Tämän jälkeen pelletit työtetään ja niiden mitat tarkastetaan laser-optisella mittaustyökalulla. Sallittu poikkeama pelletin mitoissa saa olla korkeintaan 6-10⁻⁶ m. Valmiit ja hyväksytyt pelletit välivarastoidaan ennen sauvojen koostamista.



ADVANCED NUCLEAR FUELS GmbH

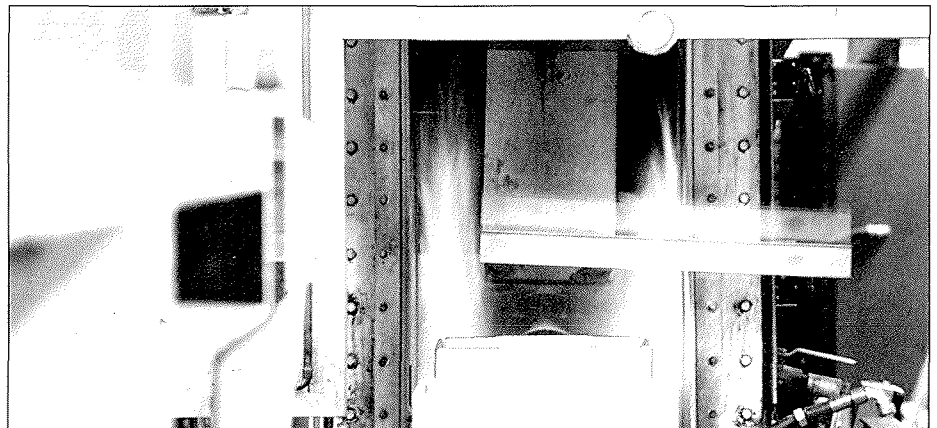
1975	Company founded as EXXON NUCLEAR GmbH	
1979	Production of fuel rods and fuel elements commences	
	Throughput capacity	180 tons uranium per year
	Handling/storage quantity	125 tons uranium
1981-84	Plant expansion undertaken	
	Throughput capacity	400 tons uranium per year
	Handling/storage quantity	300 tons uranium
1984	Construction of an open-air storage for UF ₆	
	UF ₆ storage capacity	2000 tons
1987	Company purchased by SIEMENS AG and renamed ADVANCED NUCLEAR FUELS GmbH	
1988	Production expanded to include pellet manufacture	
1991	Construction of UF ₆ dry conversion facility commences	

Polttoaine-elementin kokoaminen

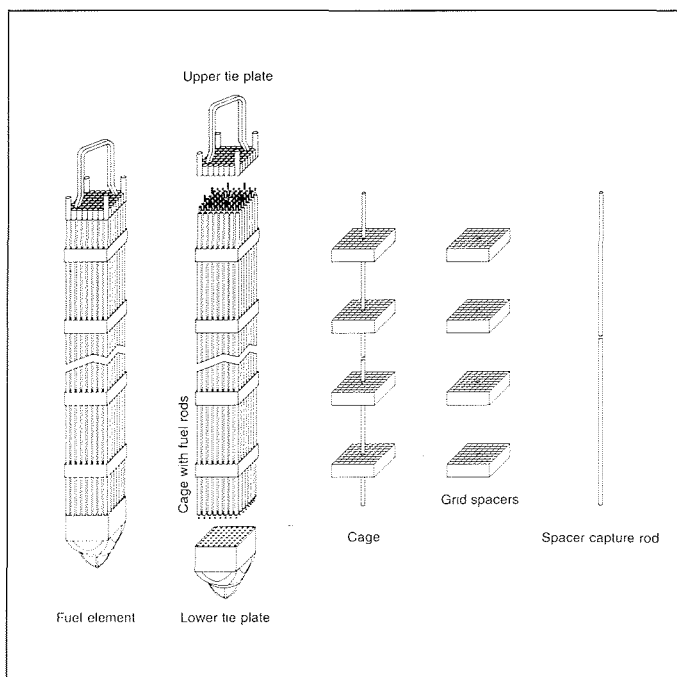
Polttoaine-elementtien kokoonpanolinjalta asennetaan valmiit polttoainesauvat tietokoneohjatuksi polttoaine-elementin runkoon, jotka valmistetaan rinnakkaisella linjalla. Lopuksi elementteihin asennetaan päätylaipat paikoilleen. Tämän jälkeen polttoaine-elementit pestään sekä tarkastetaan ennen varastointia. Esimerkkinä mainittakoon PWR 1300MW laitoksen polttoaine-elementin (16*16) mitat: pituus 4936 mm, poikkipinta-ala 229*229 mm sekä paino 825 kg, josta UO₂:n osuus on noin 600 kg.

Polttoainesauvojen täyttö

Osittain automatisoidulla polttoainesauvojen kokoonpanolinjalla sauva täytetään pelleteillä. Tietokoneen avulla rekisteröidään polttoaineen massa. Tietokone tarkastaa myös, että kokoamisessa käytetyt komponentit ovat vaatimusten mukaisia ja hyväksytyjä. Tämän jälkeen ilma korvataan heliumilla ja päätyosa hitsataan kiinni. Seuraavaksi sauvat käyvät läpi joukon tarkastuksia ennen niiden lopullista hyväksymistä.



"Vihreitä pellettejä" menossa sintteriuuniin.



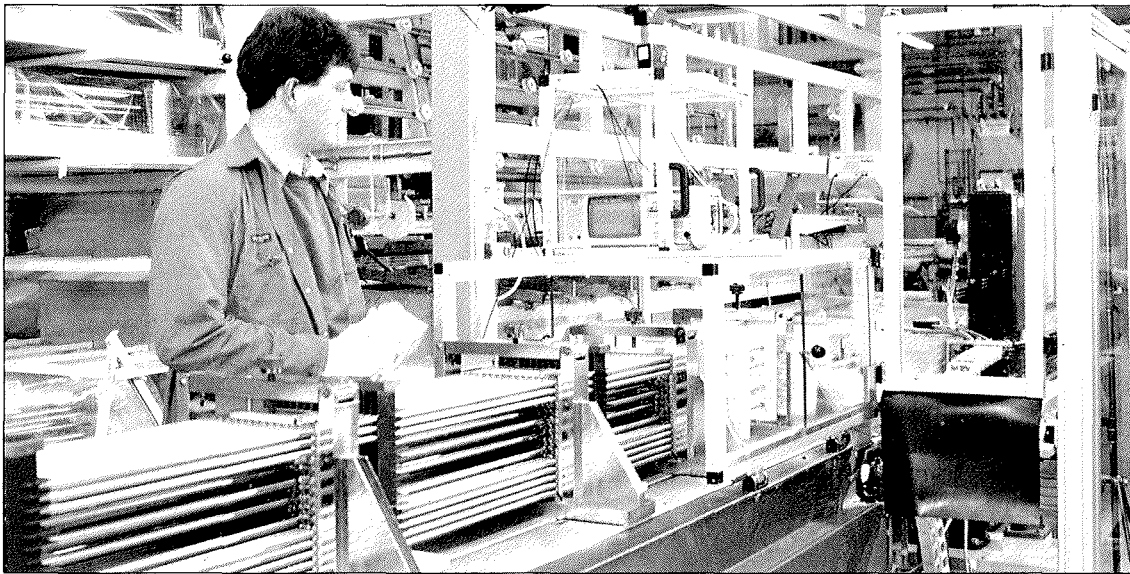
BWR--polttoaine-elementin komponentit.

LAADUNVARMISTUS

Laadunvarmistuksella on tärkeä osa ydinpolttoaineen valmistusprosessissa. ANF GmbH:llä on käytössä polttoainetehtaaltaan laaja laadunvarmistusjärjestelmä, joka kattaa kaikki polttoaine-elementin valmistusprosessin vaiheet hallinnosta tuotantoon. Järjestelmä perustuu saksalaisiin standardeihin ja ydinvoimateollisuudessa kansainvälisesti sovellettuihin sääntöihin ja standardeihin. Laadunvalvonnan tulokset dokumentoidaan tarkasti.

Pelletit

Uraanipellettien laatuominaisuuksia tarkkaillaan jatkuvasti. Laadunvalvonta käsittelee mm. pellettien dimensioiden mittausta, tiheyden ja väkevöinnin U235:n suhteen määrittämisen. Edelleen tarkkaillaan mm. pellettien pinnan karheutta, huokoisuutta ja raekokojakautumaa.



Tietokoneohjattu polttoaine-elementin kokoonpanopöytä.

Komponentit

Polttoaine-elementtien valmistuksessa tarvittaville rakenteellisille komponenteille tehdään mm. visuaalinen tarkastus ja pinnan karheuden testaus. Näiden komponenttien laadunvalvontaohjelma sisältää myös ultraääni- ja korroosiotestit. Esimerkiksi polttoainesauvojen suojakuorien mahdolliset dimensionaaliset epätarkkuudet ja rakenteelliset viat paljastuvat ultraäänitestissä.

Polttoainesauvat

Kaikkien valmistettavien polttoainesauvojen laatuominaisuudet tarkastetaan ennen polttoaine-elementin lopullista kokoamista. Valmiiksi koottujen polttoainesauvojen laadunvalvontaohjelmassa tarkastetaan sauvan puhtaus ja pinnan viimeistely sekä mitataan sauvan pituus ja suuruus. Lisäksi määritetään sauvan sisältämän uraanin massa sekä mitataan pellettipatsaan pituus. Erittäin tärkeää on määrittää pellettipatsaan tai patsaan osan U235 väkevöinti sekä tarkastaa sauvan hitsausliitosten tiiveys. Näiden ominaisuuksien mittaamisessa ja tarkastamisessa käytetään ainetta rikkomattomia testausmenetelmiä. Epätiivit, heliumia (sauvojen täytekaasu) vuotavat polttoainesauvat havaitaan erillisessä mittauskammiossa herkän massaspektrometrin avulla. Sauvan uraanipellettien mahdolliset halkeamat ja muut puutteet huomataan skannaamalla radioaktiivisten säteilylähteiden avulla (Cf-252 ja Cs-137). Samalla menetelmällä määritetään myös sauvan pellettipatsaan U235 väkevöinti ja väkevöintijakautuma. Sauvojen päätytulppien hirtsaus tarkastetaan radiograafisilla mitauksilla.

Polttoaine-elementin runko

Polttoaine-elementin rungon stabiilisuuden ja geometrinen mittojen puolesta

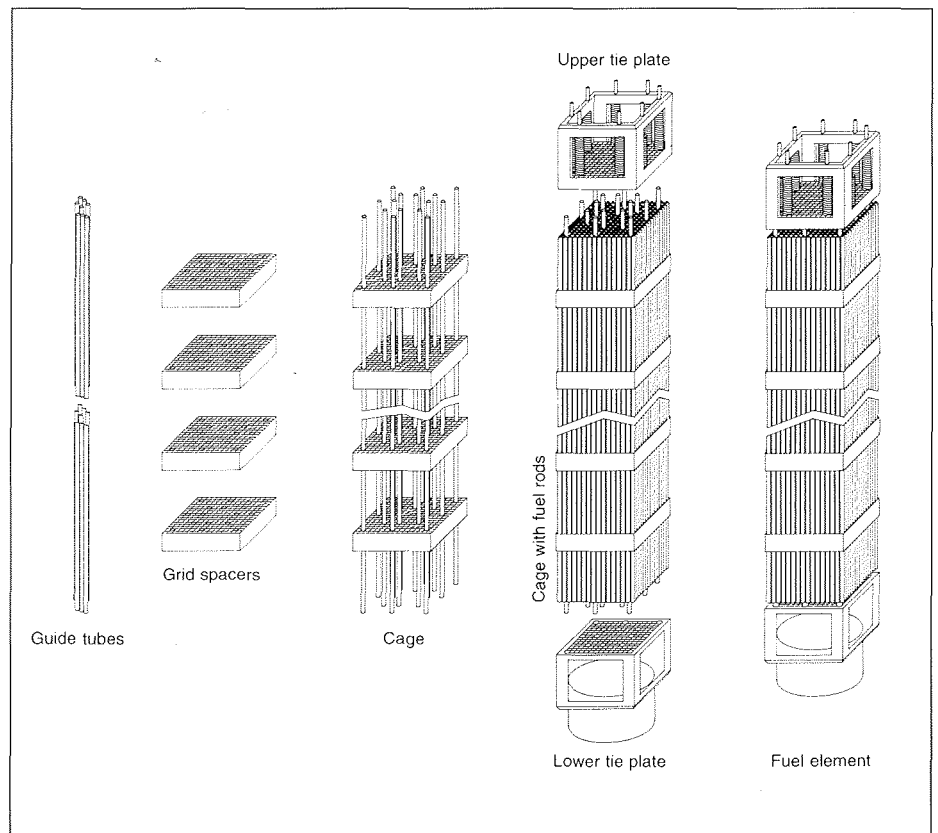
tarkastetaan rungon pituus, suuruus ja kohtisuoruus, välitukien aksiaalinen asema, hitsausliitosten laatu ja eri osien puhtaus.

Polttoaine-elementti

Valmiin polttoaine-elementin lopullinen laaturkastus tehdään pystysuorassa testilaitteessa tietokoneohjatun mittaussäätöjärjestelmän avulla. Järjestelmä registeröi-

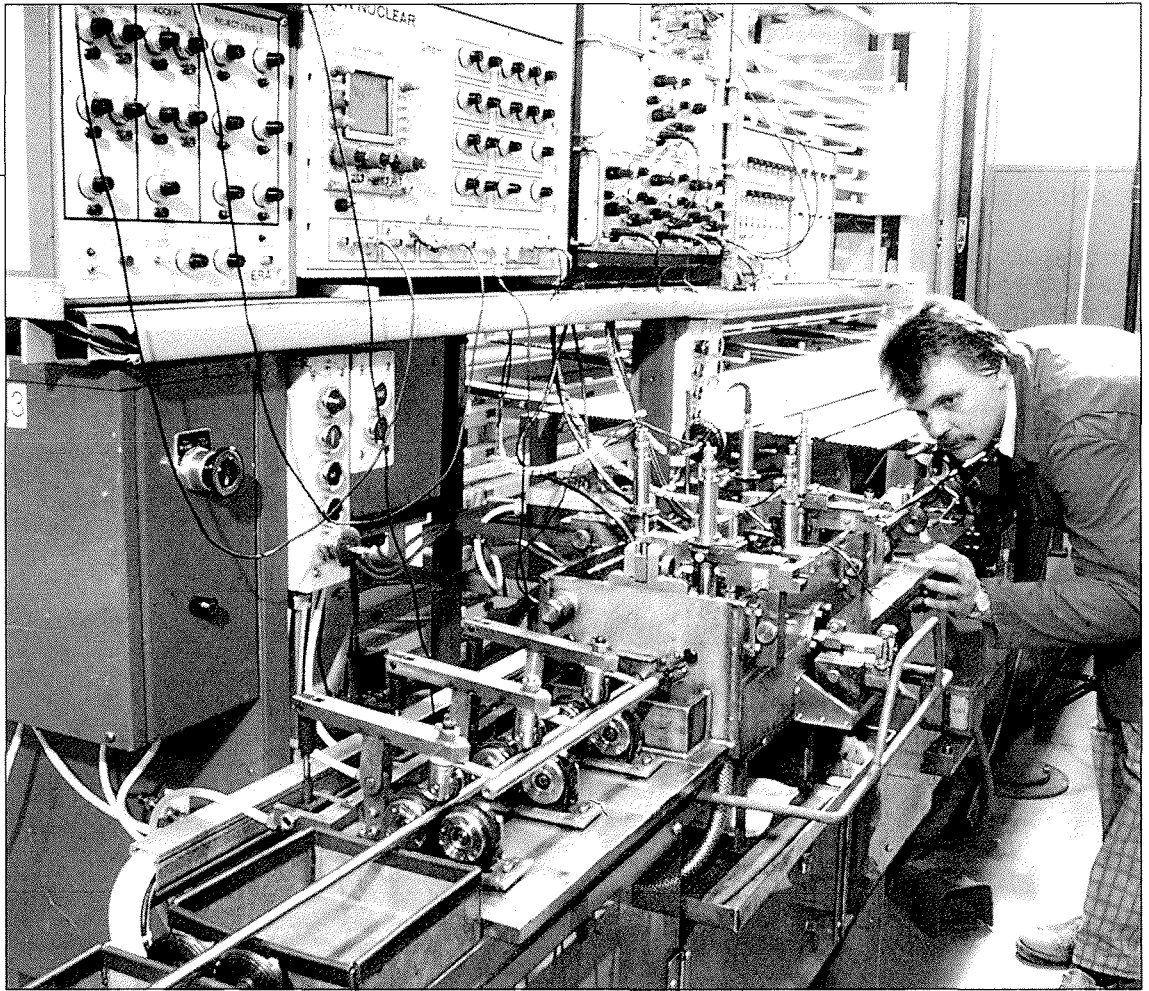
hyvällä tarkkuudella sauvojen etäisyyden toisistaan, elementin suoruuden ja kiertyneisyyden. Lopuksi tarkistetaan elementin pituus ja tehdään lopullinen visuaalinen tarkastus puhtauden ja eheyden kannalta.

Kaikkien tarkastusten tulokset dokumentoidaan ja säilytetään yhdessä prosessitietojen kanssa tietokoneessa. Näin voidaan helposti jäljittää kaikki elementin valmistuksessa käytetyt komponentit.



PWR-polttoaine-elementin komponentit.

*Polttoainesauvojen
suojakuorien
ultraäänitestaus*



HENKILÖKUNNAN JA YMPÄRISTÖN TURVALLISUUS JA SUOJELU

**Henkilökunnan saama säteilyannos on
vuositasolla 3,1-5,6 mSv.**

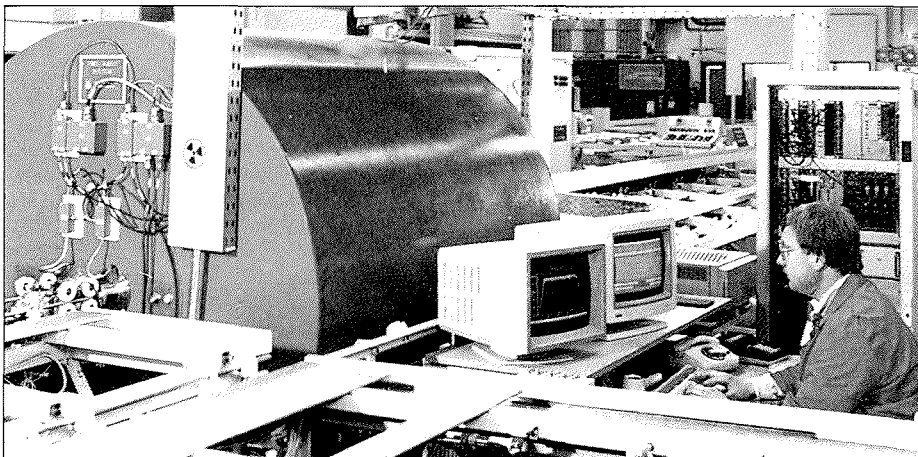
Ydinturvallisuus polttoainetehtaan eri
osissa on varmistettu aina kahdella toisis-

taan riippumattomalla ydinmateriaalia
koskevalla turvallisuuskriteerillä (turvalli-
nen massa, turvallinen geometria, hidasti-
men puuttuminen).

Tehtaalla ei ole sattunut yhtään onnetto-
muutta käyttöönoton jälkeen eikä siitä
ole aiheutunut ympäristöongelmia.

VIERAILU TEHTAALLA

Tehdaskäynti koski polttoainesauvojen
valmistus- ja polttoaine-elementtien ko-
koamisosastoa. Käynnin aikana isännät
esittelivät asiantuntevasti ja avoimesti
polttoaine-elementin valmistusta lähtien
tyhjiä suojakuoriputkien täyttämistä
uraanipelleteillä. Eri toiminnot olivat
suurelta osin automatisoituja. Laadun-
varmistus oli korkealla tasolla ja toimin-
nat näyttivät kaikin puolin laadukkaalta.
Osaston ulkoinen olemus oli siisti ja jär-
jestys oli kiitettävää. Ryhmän kiinnostus
oli ilmeistä kysymysten määrästä päätel-
len ja varmasti tiedonjano tuli tyydyte-
tyksi.



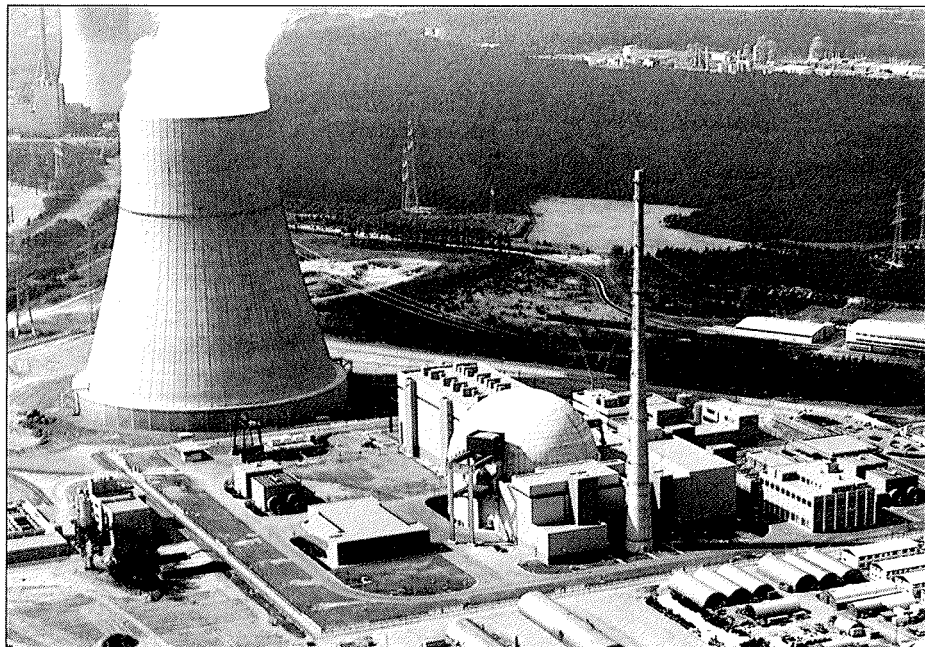
Polttoainesauvojen 235:n väkevöinnin määrityslaitteisto.

DI Petri Lavi työskentelee reaktori-
insinöörinä TVO:n Olkiluodon laitos-
ten käyttötoimistossa, p. 938-381 5544.

DI Jari Pesonen työskentelee luotet-
tavuusinsinöörinä TVO:n Olkiluodon
laitosten turvallisuustoimistossa,
p. 938-381 3243.

EMSLAND PWR-LAITOS

Emsland PWR-laitos on yksi kolmesta rakennetusta saksalaisesta Konvoilaitoksesta. Muut vastaavat standardilaitokset ovat nimeltään Isar 2 ja Neckar 2. Laitosten nimellinen sähköteho on 1300 MW. Eri-tyisesti Emsland ja Neckar 2 laitosten käyttökertoimet ovat olleet huippuluokkaa. Myös Suomeen kaavailun viidennen ydinvoimalaitoksen yhtenä vaihtoehtona olisi ollut Konvoi-laitokseen perustunut konsepti. Kuten jo tunnettua, Suomen eduskunnan kielteinen päätös ydinvoiman lisärakentamisesta, on haudannut nämä suunnitelmat ainakin lyhyellä aikavälillä.



The 1341 MW Emsland Nuclear Power Plant, one of the Konvoi plants.

LAITOKSEN OMISTAJA VEW JA LAITOSPAIKKA EMSLAND

Emsland PWR-laitoksen omistaa pääosin VEW (Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG), pääpaikkana Dortmund. VEW:n omistamien voimalaitosten kokonaisteho on 4600 MW ja yhtiön vaikutusalueella asuu lähes 5 miljoonaa ihmistä saksan luoteisosassa. Työntekijöitä firmalla on yhteensä 7400. Energiaa tuotetaan pääasiassa hiilellä, maakaasulla ja ydinvoimalla.

Emsland PWR-laitos sijaitsee Lingenin kaupungin läheisyydessä Emslandin maakunnassa. Samalla voimalaitosalueella on myös käytöstä poistettu 255 MW:n demonstraatio-ydinvoimalaitos, Lingen, sekä kaksi 420 MW:n kaasukombilaitosta. Demonstraatiolaitos Lingen (käytössä 1968-1977) on ollut kiehumisvesilaitos kuitenkin sillä erikoisella piirteellä, että siinä on ollut sekundaaripiiri. Laitokseen olisi pitänyt vaihtaa uudet höyrystimet ja tämän perusteella laitos on päätetty sulkea. Laitos olikin jo purettu muilta osin paitsi reaktorirakennuksen osalta. Tätä on tarkoitus käyttää jätteiden välivarastona, kun sisäpuolen komponentit on purettu.

EMSLAND PWR-LAITOKSEN RAKENNE

Emsland-ydinvoimalaitos on neliredun

danttinen painevesilaitos, jossa primääripiiri on nelipiirinen. Reaktorirakennus on toteutettu pallokontaimentilla. Suojarakennuksen ja kontaimentin väliin jäävään rengastilaan (ännulus) on sijoitettu osa turvajärjestelmistä, kuten väli- ja hätäjähdytysjärjestelmän pumput ja jälkilämmönpoistojärjestelmä. Eri rakennusten kestävyydelle on asetettu vaatimukset sen mukaan, mikä on niiden turvallisuusmerkitys. Vaatimustasoja ulkoisia tapahtumia vastaan on viisi: maanjäristys, paineaalto ja maanjäristys, rajoitettu lentokonetörmäys sekä rakennukset, joiden on kestävä kaikki mainitut tapaukset mukaan lukien täydellinen lentokonetörmäys (suihkukone Phantom). Osalla rakennuksista ei ole mainittuja vaatimuksia.

Erilliset dieselrakennukset

Erikoisuus laitoksella on se, että siellä on kaksi erillistä dieselrakennusta: emergency feed building (ns. bunkkerirakennus, suojaus kaikkia ulkoisia tapahtumia vastaan) ja emergency power generating and central water chiller building (hätädieselrakennus, suojaus vain maanjäristystä vastaan). Kussakin on neljä redundanttista dieseliä, joten kaikkiaan dieselaita on kahdeksan kappaletta. Bunkkerirakennukseen on dieselien lisäksi sijoitettu hätäsyöttövesitankit ja pumput ja sieltä voidaan ajaa laitos alas ja hoitaa jälkilämmön poisto kaikissa tilanteissa. Rakennus on varustettu myös ns. hätäilmas-

toinnilla, jossa ilma otetaan partikkelijä ja aktiivihiihiisuodattimien (jodi) kautta sisälle, jos ulkoilmassa on aktiivisuuksia.

Hätädieselrakennukseen on dieselien lisäksi sijoitettu kylmäkoneilla toimivat vedenjäähdyttimet. Onnettomuustilanteissa (esim. LOCA) kyseisen dieselrakennuksen toiminta on ensisijainen. Mikäli ulkoiset tapahtumat, joihin rakennusta ei ole suunniteltu, vahingoittavat rakennusta, voidaan laitoksen alasajo suorittaa bunkkerirakennuksesta.

Vakavia reaktorionnettomuuksia varten laitokselle on asennettu kontaimentin ulospuhallusjärjestelmä. Tämän muodostavat ulospuhallettavan kaasun vesipesuri ja metallikuitusuodattimet.

JÄÄHDYTYSVESI JA LÄMPÖNIELU

Laitoksen jäähdytysvesi otetaan vierellä kulkevasta EMS-joesta. Sallittu veden lämpötilan nousu joessa on 4,5 °C, mistä johtuen joudutaan käyttämään jäähdytystornia. Tämän avulla veden lämpötilan nousu joessa onkin normaalisti vain 1 °C. Jäähdytystorni on luonnon vetojen ja sen korkeus on 152 m ja pohjan halkaisija 138 m. Jäähdytystorni muodostaakin alueella vallitsevan näkymän vesihöyryineen. Joesta tarvittava veden määrä on 1 m³/s, josta puolet palautuu takaisin jokeen ja puolet haihtuu jäähdytystornissa taivaalle. Koska Ems-joen vesivirtaus voi



kesäaikaan pudota 0,5 m³/s, on joen yläjuoksulle jouduttu rakentamaan tekoallas tasoittamaan virtausvaihteluita. Altaan pinta-ala on 250 ha ja se palvelee luonnollisesti myös muiden laitosten jäähdytysveden tarvetta. Altaan suunnittelussa on oleellisesti otettu huomioon myös virkistyskäyttö.

LAITOSKIERROS

Laitokselle tultaessa kiinnittyi ensimmäisenä huomio turvajärjestelyihin laitoksen ulkopuolelta tulevaa uhkaa (terrorismia) vastaan.; laitoksen ympäri oli kaivettu vesihautaa ja tämän takana oli vielä kaksinkertainen aita, joista ensimmäinen perimetriä korkea betoni- ja toinen metalliverkkoaita. Myös laitoksen portti oli sitä luokkaa, että siitä tuskin mennään läpi suuremmallakaan kuormurilla. Näin tiukkojen suojaustoimien rakentamiseen on päädytty rakentamisen alkuaikoina sattuneitten mielenosoitusten vuoksi. Viime vuosina mitään ongelmia tässä suhteessa ei ole ollut. Myös laitoksen sisäinen turvallisuus- ja aktiivisuusvalvonta osoitti, että asiaan oli paneuduttu; esim. aktiiviselta alueelta tultiin pois kahden aktiivisuusmittauspisteen kautta. Huomioita valvotulla alueella liikuttaessa kiinnitti seikka, että laitoksen henkilökunta kulki kalsarisillaan, valkoinen työtakki päällä omilta vaatekaapeiltaan haalaripisteeseen.

Laitoskierros tehtiin seuraaviin kohteisiin: turbiinirakennus, valvomo, reaktori-rakennus, hätädieselrakennus.

Turbiinirakennuksessa huomio kiinnittyi melko alhaiseen ja matalataajuiseen melutasoon päätasolla sekä yhteen isoon syöttövesisäiliöön.

Valvomo on toteutettu analogiatekniikalla ja sinne on keskitetty kaikkien prosessien ja apuprosessien ohjaus- ja valvonta. Yhdessä vuorossa on töissä vähintään 11 henkilöä, yleensä 15. Laitoksella käytetään 5- vuorotyöaikajärjestelmää.

Reaktorirakennuksessa oli parhaillaan menossa tuoreen polttoaineen siirtäminen ja elementtien toleranssien testaaminen erillisessä sovitusaltaassa. Tämän jälkeen elementit siirrettiin vesialtaaseen odottamaan seuraavan kesän latausta. Tuoreelle polttoaineelle ei ole laitoksella muuta varastoa kuin suojarakennuksen sisällä. Muu tuorepolttoaine kuin seuraavan kesän lataus varastoitettiin kuivana omissa altaisissaan.

Reaktorin kannen avaamisessa käytetään erikoislaitetta, jolla kaikki kannen pultit saadaan avattua yhdellä kertaa. Kannen avaaminen kokonaisuudessaan kestää 5 tuntia. Latauksessa koko sydän siirretään altaaseen, järjestellään valmiiksi ja siirretään takaisin reaktoriin.

Materiaalit käydyllä reaktorirakennuksen päätasolla olivat dekontaminoitavia lukuunottamatta putkien lämpöeristysten pinnoituspeltejä, jotka näyttivät olevat kirkasta alumiinia. Kaikki ilmastointikanavat oli tehty sinkitystä pelistä.

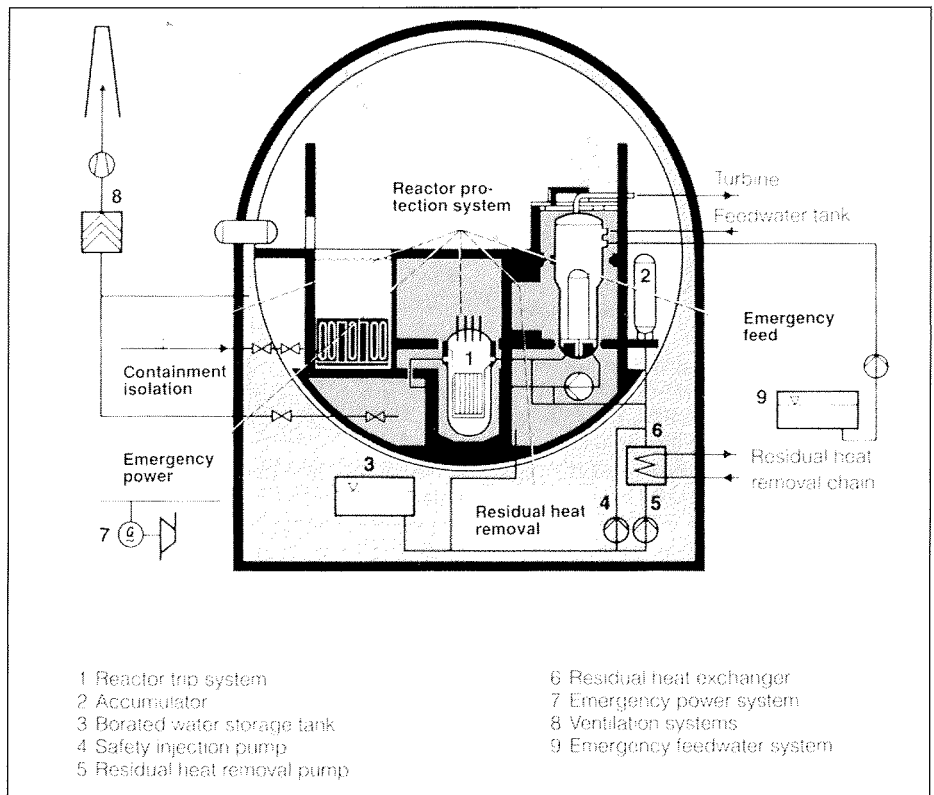
Dieselrakennuksessa olevien dieselien (4 kpl, 4,8 MW, 10,5 kV) käynnistys tapahtuu paineilman avulla, jota varten on olemassa erilliset paineilmasäiliöt. Kukin diesel testataan neljän viikon välein. Käynnistyminen täyteen tehoon kestää vain 10 sekuntia, koska jäähdytysveden ja kiertovoiteluöljyn lämpötilaa pidetään koko ajan toimintavalmiudessa.

Koko laitosalueella huomio kiinnittyi hätäpoistumisteiden ja näiden poistumis-suunnan merkitsemiseen lattiaan teipillä.

Teippi ilmeisesti oli fluorisoivaa ainetta näkyen myös valojen totaalisessa menetyksessä. Muilla käydyillä laitoksilla vastaavaa ei näkynyt, joten kysymyksessä lienee paikallinen vaatimus tai toteutus. Toteutuksen voidaan sanoa olevan erittäin havainnollisen ja hätätilanteessa varmasti toimivan.

Palosuojelun osalta laitoksella näytti olevan suuria eroja suomalaisiin määräyksiin verrattuna. Erityisesti huomiota kiinnitti seikka, että eri palo-osastojen väliset ovet saattoivat olla käytön aikana auki. Näissä tapauksissa ovet oli kuitenkin varustettu toimilaitteilla, jotka sulkevat ovet savuilmamaisen tai muun signaalin ohjaamina. Ovien kiinnimenemisen varmistamiseksi oli näissä tekstit, että sulkeutumisalue oli pidettävä vapaana. Suurin osa palo-ovien toteutuksesta näytti kuitenkin vastaavan suomalaista käytäntöä; normaalisti kiinni ja ovet itesulkeutuvia.

Ilmastointikanavissa ei eristyksiä näkynyt missään, vaan palon ja savun leviäminen on hoidettu toimilaitteisilla palopelleillä.



Reactor building cross section and active engineered safety features

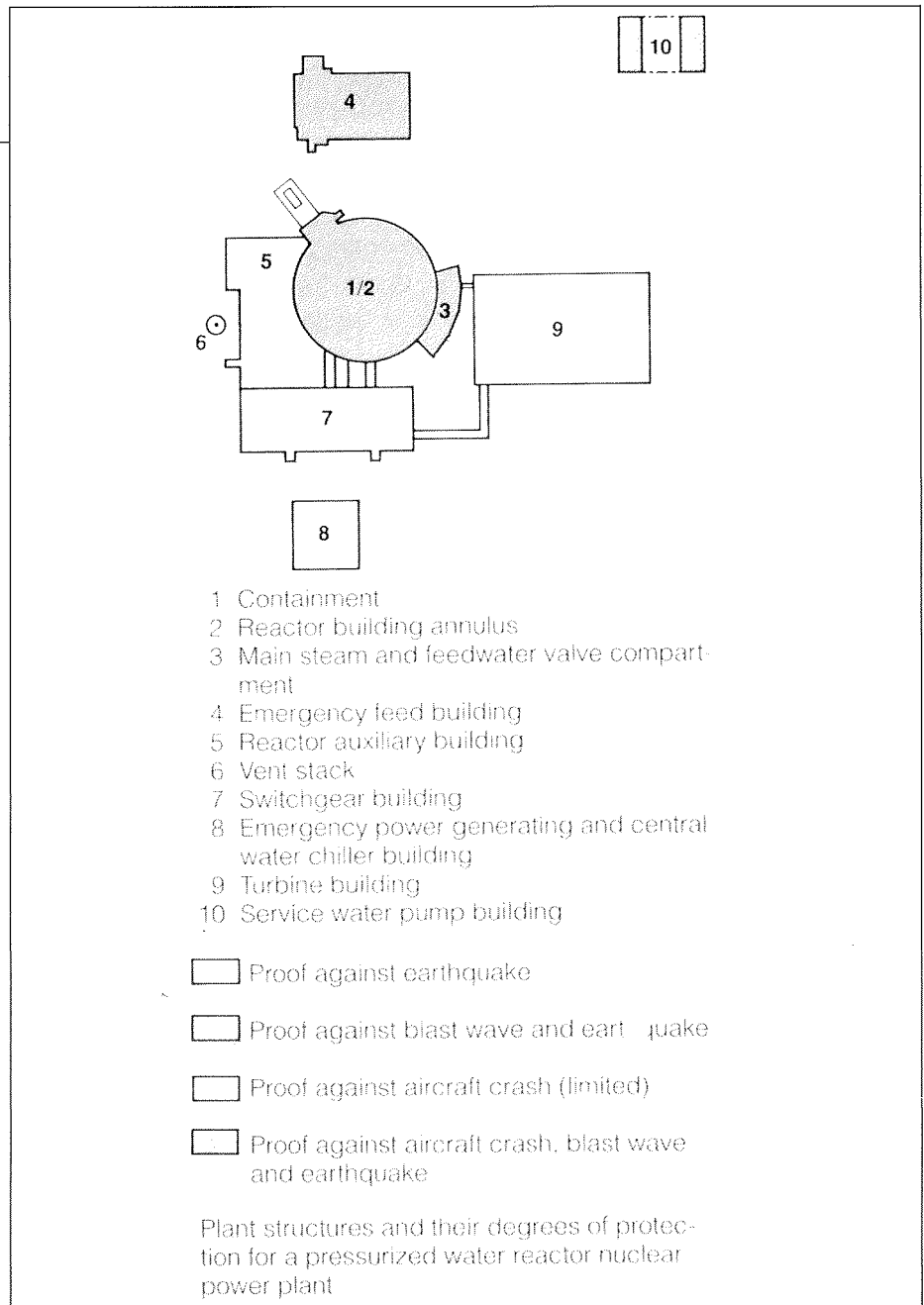
Yleensäkin palosuojelussa on voitu tukeutua enemmän aktiiviseen palontorjuntaan, mitä suomalaiset ohjeet tai käytäntö on. Tosin on huomioitava, että suunnatus myös meillä on ilmeisesti menossa tähän suuntaan, ainakin palopeltien osalta, jolloin voidaan luopua kanavien paloeristyksestä nykyisessä laajuudessa.

SUOMEN VIIDENNEN YDINVOIMALAITOKSEN REFERENSSILAITOS

Suomeen kaavaillun viidennen ydinvoimalaitoksen yhtenä vaihtoehtona oli Konvoi-laitokseen perustunut konsepti, eli Emsland PWR-laitos oli yksi referenssilaitoksista. Suurimmat muutokset Konvoi-laitoksella Suomeen sijoitettuna olisivat olleet rakenteellisia johtuen suunnitteluperusteiden eroavuudesta. Meillä rakennusten olisi tarvinnut kestää ainoastaan pienlentokoneen törmäys. Tästä johtuen turvallisuudelle tärkeiden rakennusten seinämävahvuus olisi voitu pudottaa 1,2 m:sta 60 cm:iin. Samasta syystä tietyt rakennukset olisi voitu tehdä elementtitekniikalla.

Automaatiotekniikassa tapahtunut valtava kehitys olisi merkinnut sitä, että valtaosa ohjauksista olisi toteutettu digitaali-tekniikalla. Lisäksi tärkeimmät turvallisuustoiminnot olisi kuitenkin varmennettu analogiatekniikalla.

Laitoksen sijoituksella meren rannalle kylmien jäähdytysvesien ääreen olisi ollut huomattavat edut Emsland PWR-laitokseen verrattuna, koska mitään jäähdytystornia ei olisi tarvinnut rakentaa. Pääomakustannukset olisivat jääneet pienemmäksi ja lisäksi sähkön tuotto olisi ollut n. 100MW suurempi, nimellisteho 1450 MW. Referenssilaitosten kumulatiiviset käyttökertoimet puhuvat puolestaan niiden luotettavasta toiminnasta. Kuten kuitenkin jo tunnettua, Suomen eduskunta on tehnyt demokraattisen, mutta ei kuitenkaan välttämättä oikeata valintaansa, ydinvoiman lisärakentamisen suhteen Suomessa. Ainakin lyhyellä aikavälillä tarkasteltuna suunnitelmat voidaan arkistoida ja antaa ajan tehdä tehtävänsä niiden mahdolliseksi uudelleen nostamiseksi käsitteilyyn.



Top ten performers in terms of lifetime load factors to end March 1992

Reactor Name	Country	Lifetime load factor	Type	First power date
Emsland	D	91.9	P	04/88
Pt Lepreau	C	91.3	H	09/82
Neckar 2	D	88.0	P	01/89
Paks 4	HU	87.4	P	08/87
Grohnde	D	87.4	P	09/84
Pickering 8	C	87.1	H	01/86
Pickering 7	C	86.9	H	11/84
Bruce 5	C	86.7	H	12/84
Loviisa 2	SF	86.7	P	11/80
Tihange 3	B	86.1	P	06/85

DI Paavo Käräjäoja toimii IVO International Oy:ssä ydinvoimatekniikan osastolla suunnitteluinsinöörinä pääalueena ilmastointijärjestelmät, p. 90-508 2419

DI Christer Palsinajärvi toimii IVO International Oy:ssä ydinvoimatekniikan osastolla pääalueena termohydrauliset turvallisuusanalyysit, p. 90-508 5387



Tapaaminen Kerntechnische Gesellschaft e.V.:n (KTG) kanssa

Saksassa vallitsevasta ydinvoimapessimismistä huolimatta pidettiin tärkeänä, ettei kuparikirvestä heitetä mereen, vaan ylläpidetään valmiutta ja kehitystyötä. Vaikkakin mainio matkanjohtajamme sitä epäili, mielenkiintoinen illallinen Kerntechnische Gesellschaftin kanssa järjestyi. Tapasimme seuran toimitusjohtajan tri Thomas Roserin ja johtokunnan jäsenen Prof. tri-ins. Kurt Kugelerin, joka on professorina Aachenin teknillisessä korkeakoulussa ja johtajana Jülichin tutkimuslaitoksessa, jossa työskentelee myös illalliseen osallistunut tri E. Haag. Prof. Kugeler piti tilaisuudessa esitelmän lähinnä Saksan ydinvoima-tilanteesta, jota yrittän selostaa tässä.

Kivihiilen subventointia vähennetään edelleen, koska tuontihiili on kertaluokkaa halvempaa (vrt. Bundespräsident von Weizäckerin lausunto hänen käydessään hiljattain Suomessa). Kuitenkin valmiutta ja tietotaitoa kotimaisen kivihiilen tuottamiseen on ylläpidettävä, koska tarve sen käyttämiseen saattaa tulla. Tämän vuoksi tarvitaan jonkinlaista subventointia. Lähellä professorin sydäntä tuntui olevan Saksassa kehitetty korkealämpötilareaktoreknikka, ja siksi yhteenveto siitä on tässä paikallaan.

Korkealämpötilateknikan nykytilanne

AVR Jülichissä on toiminut hyvin, mutta kokonsa puolesta se on ollut energian tuottajana merkityksetön ja toiminta on lopetettu 4...5 vuotta sitten. Koska dekontaminaatiolupaa ei ole saatu ja polttoaineet ovat sisällä, on käyttöhenkilökunnan oltava paikalla ja tämä rasittaa Jülichin taloutta. THTR-300 Hamm Uentropissa on myös pysäytetty eikä enää oteta käyttöön, mutta se sitoo n. 250 henkilöä, koska dekontaminaatiolupaa ei ole. Syy pysäyttämiseen oli häiröt konventionaalisella puolella, jotka tapahtuivat Chernobyl-tapahtuman aikoihin ja koska THTR:ssa oli myös grafiittia, yleinen mielipide oli sitä vastaan. Bruttoteho oli 308 MW. Myös natriumjähdytetty hyötyreaktori Kalkarissa seisoo, mutta se ei aiheuta ylläpitokustannuksia, koska sitä ei ole koskaan ladattu. (Frankfurter Allgemeinessa oli 93-10-02 tieto, että se puretaan.)

Prof. Kugeler oli hyvin tietoinen Suomen päätöksestä ja piti tilannetta hyvin samanlaisena kuin Saksassa. Hän kysyi, mikä on ydinvoimateollisuuden tulevaisuus, mutta oli sitä mieltä, että sitä tarvitaan, ja know how on pidettävä yllä, jotta tulevaisuudessa saadaan parempia ratkaisuja mm. loppusijoitukseen ja entistä pienempään säteilyalttiuteen.

Yleisö ei näe tarvetta rakentaa lisäydinvoimaa, koska energia on niin halpaa. Tämä koskee sekä öljyä että hiiltä. Unohdetaan, että Saksa käyttää nyt noin 72 miljoonaa tonnia kivihiiltä vuodessa ja jos päätöksiä hiilidioksidipäästöjen pienentämiseksi tehdään, tarvitaan vaihtoehtoja, ja silloin ei Saksassa voisi käyttää fossiilisia polttoaineita esim. lämmitykseen ja autoihin.

Nyt on kulutus 6 tonnia hiiliä per capita per vuosi ja tämä olisi saatava 300 g:ksi. Siinä tulevaisuuden näkymä! Aurinkoenergian kehittämiseen käytetään

vuosittain 300 miljoonaa DEM:iä, mutta sillä kehitetyn energian hinta on edelleen kymmenkertainen.

Fuusioenergian käyttöönotto on kaukana tulevaisuudessa ja meidän lapsemme eivät tule sitä näkemään, oli professorin mielipide.

Vastikään teollistuneissa maissa ja kehitysmaissa tarvitaan kymmen- tai kaksikymmenkertainen energiamäärä ja sen kehittäminen on mahdollista vain ydinenergialla. Tätä on sen vuoksi kehitettävä niin, etteivät katastrofit ole mahdollisia ja tätä kehitystyötä on tehtävä nyt ja kansainvälisellä yhteistyöllä! Ydinlaitokset on myös kehitettävä niin, ettei mitään niiden sisällä olevasta pääse ulos, tapahdukoon ulkopuolella mitä tahansa, lukuunottamatta kuitenkin sotia, terrorismia ja meteoriittiosumia. Ytimen sulaminen ei saa olla mahdollista ja Kugeler kertoi, että NPI on kehitämässä reaktoripaineastiaa, joka on tiivis joka tilanteessa.

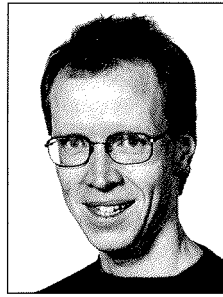
Eräs tie ydinvoimaonnettomuuksien välttämiseksi on sellaisten raaka-aineiden käyttäminen, jotka täyttävät katastrofikeriteerit. Jos pystymme osoittamaan hallituksillemme, että tämä tekniikka hallitaan, paranee uskottavuutemme ja ydinvoima voi taas tulla kysymykseen.

Pääkohdat ovat siis:

- hiilidioksidipäästöt
- Aurinkoenergian kalleus
- Fuusio vasta kaukana tulevaisuudessa

Sitten professori esitti kysymyksen siitä, mitä meidän tulisi tehdä jätteilä. Hän mainitsi, että Ruotsi ja Suomi ovat loppusijoitustutkimuksessa Saksaa pitemmällä. Hän oli kuitenkin sitä mieltä, että jos käytetty polttoaine sijoitetaan valurautastioihin, joista ei pääse mitään ulos, voidaan näitä sijoittaa 1000 vuodeksi suolakäivoksiin, jonka jälkeen säteily niistä ei ole taustasäteilyä suurempaa.

Prof. Kugeler sanoi edelleen, että vaikka hän on pitkän aikajänteen optimisti ja myös hyvin toiveikas sen suhteen, että kansainvälisellä yhteistyöllä pystytään aikaansaamaan tuloksia, jotka vaikuttavat hallitusten päätöksiin, niin ydinvoimateollisuus on silti tällä hetkellä taantuva ala. Kun fossiilisten polttoaineiden hinta nousee "riittävästi", rakennetaan taas ydinvoimaa. Sekä teollisuus että korkeakoulu tarvitsevat työtä jo nyt, jotta tieto ja taito säilyisivät. Tämä on meidän lyhyen tähtäyksen ongelma. Nythän korkea-



koulut lopettavat Saksassa ydinvoimalan koulutuksen. Tämä on hyvin vaarallista (keskustelu Dr. Roser/Prof. Kugler). Myös viranomaiset tarvitsevat ydinvoimakoulutettua henkilökuntaa. Tällä hetkellä sen saanti ei tuota ongelmia, mutta jos nykyinen kehitys jatkuu, on pätevän henkilöstön saanti lähes mahdotonta.

Mainitsen vielä eräitä pöytäkeskusteluaiteita luettelomaisesti:

- Polttoainekennojen kehitys ei ole onnistunut ja työ lopetetaan. Sama koskee aurinkosähkökennoja, joita tietenkin voidaan käyttää siellä, missä normaalia sähköverkkoa ei ole.
- Mühlheim Kärlichin uudelleenkäynnistämistä oikeudenkäyntien jälkeen pidetään epätodennäköisenä. Nykyinen valmius maksaa 1 miljoonaa DEMiä päivässä!
- Innovatiiviset reaktorit, jossa ytimen sulaminen on mahdotonta, ovat tulos- ja poliitikot on saatava uskomaan niihin.
- Naisryhmien toiminta ydinvoiman puolesta olisi erittäin toivottavaa ja tärkeätä.
- Entisen DDR:n ydinteknillinen seura on nyt sulautettu KTG:hen.

Saksalaiseen tyyliin syötiin runsas illallinen melko myöhään illalla ja sen aikana käytiin monia mielenkiintoisia samanlaisia keskusteluja, joiden kaikkien raportoiminen ei ole mahdollista. Jälkiruuan jälkeen puheenjohtaja luovutti KTG:lle tradition mukaisesti ATS:n viirin ja aineiston Suomen ydinvoimasta isännille. Illallisen jälkeen ei nukkumaanmeno onnistunut ilman oluthuuhelua.

DI Svante Ersten on ABB Strömberg Power Oy:n myyntipäällikkö, p. 90-5645 112

Mannheimissa ATS:n retkikunnalle esiteltiin ABB-konsernin ja erityisesti ABB Kraftwerke AG:n toimintaa ja tulevaisuuden näkymiä. Tehdaskierroksella tutustuimme turpiinien ja generaattoreiden kokoonpanon eri vaiheisiin. Heidelbergin tutkimuskeskuksessa saimme lyhyen yleisesittelyn, jonka jälkeen tutkijat demonstroivat muutamia laboratorioden tutkimusalueita.

Tutustumismatkamme kolmas päivä alkoi varhain aamulla pitkälle bussimatkalla Bonnista Mannheimiin. Matkalla saimme ihailla (sikäli, kun sumulta kykenimme) vehreitä laaksomaisemia ja viiniviljelyksiä. Lähestyessämme Mannheimia näimme kilometrien matkalla kemianjätti BASF:n tuotantolaitosten putkiviidakkoa, joka palautti meidät teollisen yhteiskunnan (vaikka jälkiteollisestakin puhutaan) arkitodellisuuteen muistuttaen elämäntapamme luonnolta ja ympäristöestetiikalta vaatimista uhrauksista. Mannheimissa vierailimme ABB Kraftwerke AG:n turpiini- ja generaattoritehtaalla. Iltapäivällä tutustuimme Heidelbergin tutkimuskeskukseen.

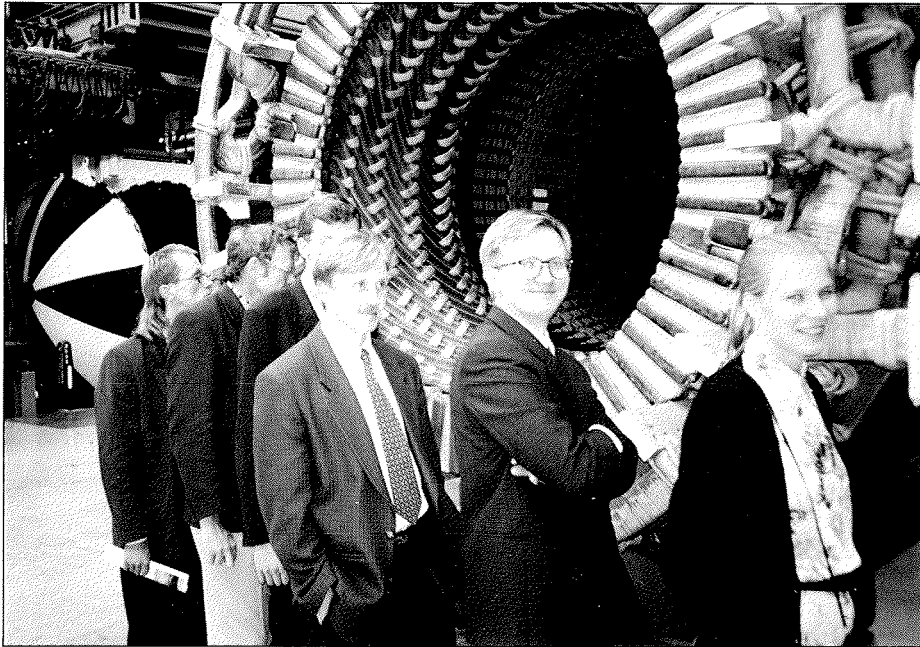
Konserni

ABB-konsernin seitsemän päätoimialaa ovat voimalaitokset, voimansiirto, sähköjakelu, teollisuusprosessit, kuljetusjärjestelmät, finanssipalvelut ja muut lähinnä sähkötekniikkaan liittyvät toiminnot. ABB-konserniin kuuluu eri puolilla maailmaa 1300 yhtiötä, jotka työllistävät 213 000 henkilöä. Saksassa ABB:n palveluksessa on 40 000 työntekijää, joista Mannheimissa ABB Kraftwerke AG:n palveluksessa 3300.

ABB Kraftwerke AG suunnittelee ja toimittaa voimalaitoksia, täydellisiä laitteistoja tai yksittäisiä komponentteja sähkö- ja lämmön tuotantoon. Toiminta aloitettiin Mannheimissa jo sata vuotta sitten. Yhtiö on suunnitellut ja toimittanut kaikkialle maailmaan yhteensä yli 320 voimalaitosta. Yhtiön tuloista 86% saadaan viennistä. Tilausmäärät ovat pienentyneet huippuvuosista ennen 70-luvun öljykriisiä ja tällä hetkellä kaasun ja höyryturpiinien tilauksia on vuositasolla 50 GW:n verran. Tulevaisuuden markkina-alueet ovat energian kulutuksia vertailemalla Intian ja Kiinan suunnalla, jossa energian kulutus henkeä kohti on kahdeskymmenesosa länsimaiden tasosta. Hiilivoimalat entisen Itä-Saksan alueella muodostavat haasteen, sillä ne olisi saatava tehokkaiksi ja ympäristöhaitat olisi minimoitava, jotta hiilivarannot voitaisiin hyödyntää.



VIERAILU ABB:N MANNHEIMIN TEHTAILLA JA HEIDELBERGIN TUTKIMUSKESKUKSESSA



Yleisnäkymien lisäksi generaattoripuolen myynnin apulaisjohtaja L. Wehebrink esitteli tuotantoon kuuluvia kaasuturpiinimalleja. ABB:n valmistamien kaasuturpiinien tehot ovat 20 ja 180 MW:n välillä. Kilpailu markkinaosuuksista ja tiukentuneet päästönormit ovat olleet tuotekehittelyn suurimpia motiiveja viimeiset vuodet. ABB on kehittänyt kaikissa kaasuturpiineissa käyttämänsä polttinratkaisun, jolla saavutetaan korkea hyötysuhde pitämällä NOx-päästöt kuitenkin alhaisina. Siilo- ja rengasmaisiin polttokammioihin voidaan lisäksi ruiskuttaa höyryä tai vettä typen oksidien kontrolloimiseksi ja palamisen tehostamiseksi. ABB:n viimeisin tuotekehitykseen liittyvä keksintö on kaasuturpiinien polton vaiheistus, jolla hyötysuhdetta voidaan parantaa nostamatta kuitenkaan turpiinille purkautuvien kaasujen lämpötilaa (materiaalirajoitukset). Tärkeä konsepti on myös nk. kombilaitokset, joissa kaasuturpiinin pakokaasuja käytetään tavanomaisessa höyryprosessissa jätelämpökattilassa. Tällä tavoin saadaan laitoksen kokonaisyhtäsuhte nostettua aina 54 %:iin.

Tehdaskierros

Tehdaskierroksella meille esiteltiin kaasuja höyryturpiinien kokoonpanohallit. Kierroksen aikana oli nähtävissä myös raskasta konepajatekniikkaa erilaisine työstökoneineen. Mannheimin tehtailla koottavien turpiinien roottorit valmistetaan Sveitsin Badenissa, kun muut komponentit tulevat Berliinistä tai omalta tehtaalta (tai alihankkijoilta). Yhden tur-

piinin valmistamiseen alusta alkaen tarvitaan aikaa noin kaksi vuotta. Generaattorien valmistushallissa saimme nähdä generaattorin eri valmistusvaiheita. Lisäksi saimme seurata Leibstadtin voimalaitokselle toimitettavaa suuren generaattorin koekäyttöä. Tehtaalla valmistetaan tehoaan 100–1300 MW:n generaattoreita kaasu- ja höyryturpiineille.

Kansainvälinen konserni

ABB-konsernilla on kuusi tutkimuskeskusta eri puolilla Eurooppaa (Sveitsi, Saksa, Suomi, Ruotsi, Norja ja Italia). ABB käyttää noin kahdeksan prosenttia konsernin liikevaihdosta tutkimus- ja kehitystoimintaan, joka työllistää useita tuhansia henkilöitä. Heidelbergin tutkimuskeskus, jonka toimialueisiin kuuluu materiaalitutkimus, pintamateriaalitutkimus, teollisuuden prosessitekniikka, sähkö- ja elektroniikkajärjestelmät, informaatiotekniikka ja teknis-tieteellinen suurteholaskenta, työllistää noin 200 tutkijaa. Keskuksen toimipisteet sijaitsevat kolmessa eri paikassa Heidelbergin kaupungin alueella, mutta lähiaikoina valmistuvat uudet toimitilat parantavat tilannetta.

Lyhyen ABB:n (Heidelberg) tutkimustoiminnasta kertoneen kalvoesityksen jälkeen jakaannuimme kahteen ryhmään tutustuaksemme kahteen demoesitykseen. Meille esiteltiin voimalaitoksen valvomojärjestelmän prototyyppi, jossa prosessin ohjaus ja valvonta on hoidettu kahdella suurinäyttöisellä päätteellä. Esitetystä demossa havainnollistettiin liikkuminen

prosessin eri tasoilla, häiriötilanteiden hallinta ja säätö. Järjestelmällä on mahdollista saada myös videokuvayhteys tiettyihin valvottaviin kohteisiin, jolloin operaattori voi kommunikoida paikalla olevan huoltomiehen kanssa tai tarkkailla tilanteen kehitystä. Toisessa kuvassa näimme tietokonesimulaation, jossa kuvattiin kaasuturpiinin siiven lämpötila- ja jännitysjakautumia ylös- ja alaspäin aikojen aikana. Teknisteollisen laskennan puolella on tutkimuskohteina kaikki modernit muoti-ilmiot kuten integroidut järjestelmät, asiantuntijajärjestelmät, neuraaliverkot ja sumea logiikka.

Tutkimus korkeatasoista

Näiden kahden esityksen jälkeen siirryimme bussilla minuuttiaikataulun mukaisesti tutkimuslaitoksen erääseen toiseen yksikköön, jossa saimme pikaisen mainoskierroksen kokeellisen tutkimuksen laboratorioon. Näkemämme kohteet liittyivät materiaalitutkimukseen, jossa tutkittiin korkeita lämpötiloja kestäviä keraamisia materiaaleja. Materiaalitutkimuksen avulla pyritään kehittämään mm. uusia metallisia ja keraamisia pinnoitteita, joilla voitaisiin lisätä kaasuturpiinin siivuston lämmön- ja korroosiokestoja. Korottamalla palotilasta turpiinille virtaavan kaasun lämpötilaa ja vähentämällä jäähdytysilman määrää voidaan kaasuturpiinin hyötysuhdetta nostaa. Eräs uusien materiaalien sovelluskohde on keraamiset anturit (-sondit), joita käytetään palamisprosessin ilma-polttoainesekoksen säädössä ja palamisen laadun kontrolloinnissa. Uusimmat tekniikat soveltuvat myös muiden aineiden kontrollointiin (CO, noki). Muita tutkimuskohteita ovat mm. katalyyttinen poltto, kiinteäoksidipolttokeu (SOFC, joiden hyötysuhde 50%) ja korkealämpötilaiset suprajohteet. Laboratorioissa käynti johdettiin saksalaisella täsmällisyydellä laaditun etukäteissuunnitelman mukaisesti. Kussakin kohteessa oli hyvin rajallisesti aikaa ja kierroksen tarkoituksena oli antaa yleiskuva laitoksen monitahoisesta laadukkaasta työstä. Koko kierroksen kulkua johti tutkimuskeskuksen johtaja prof. Adolf J. Schwab, joka lopuksi katsoi parhaaksi ohjata meidät ihaillemaan Heidelbergin linnaa ja näkymiä sieltä ennen auringonlaskua.

FK Erja Kainulainen työskentelee tarkastajana STUK:n ydinturvallisuusosastolla, p. 90-7082373.

DI Teijo Roine työskentelee tutkijana VTT:n ydinvoimatekniikan laboratoriossa, p. 90-4565017.

KARLSRUHEN YDINTUTKIMUSKESKUS KfK — saksalaisen ydintutkimuksen lopun enteet

*ATS:n ulkomaan opintomat-
kailijat viettivät kokonaisen
päivän Karlsruheassa tutustuen
KfK ydintutkimuskeskuksen
toimintaan yleensä ja erityisesti
sen ydinturvallisuus ja fuusio-
tutkimusohjelmiin sekä näihin
alueisiin liittyviin kokeellisiin
mittaus- ja tutkimuslaitteistoi-
hin. Tällaisia laitteistoja olivat
BETA-koelaitteisto, jolla ko-
keillaan kevytvesireaktorisydä-
men sulamisonnettomuutta ja
sydänsulan kaappaus- ja jääh-
dytysmenetelmiä, RAMONA-
ja NEPTUN- koelaitteet, joilla
tutkitaan luonnonkierrolla ta-
pahtuvaa jälkilämmön poistoa
hyötöreaktorista mittakaavois-
sa 1:20 ja 1:5, ja suprajohde-
magneettien koestuslaitteisto,
jolla tutkitaan ja kehitetään
täysimittakaavaisia IFSMTF-
magneetteja fuusiokokeita var-
ten sekä tutustuimme tritium-
laboratorioon, jonka toiminta
oli juuri alkamassa. Saksalai-
sesta ydintutkimuksesta suori-
tetaan 2/3 KfK:ssa ja pääosa
lopusta Jülichissä. Fissiotekno-
logiaan liittyvien määrärahojen
puoliintumisaika on Saksassa
ollut viiden vuoden luokkaa.*

KfK:N FYYSINEN OLEMUS

KfK sijaitsee Saksassa Karlsruhen pohjoispuolella Leopoldshafenissa metsäisellä maatalousalueella, tosin pienehköjen asutuskeskittymien ympäröimänä. Tontin koko on noin 250 hehtaaria. Aamutui-
maan sinne bussilla kiirehdyttäessä olimme viimeiset puoli tuntia epätietoisia omasta olinpaikastamme ja jossain määrin myös KfK:n olinpaikasta. Luottamalla hyvään tuuriin ja müncheniläiseen tuhisevaan ja savuavaan ukkoparkaan, joka ilmeisesti ilman omaa syytään oli joutunut viikoksi kaikkittietävän suomalaisen retkikunnan autokuskiksi, tulimme näennäisen sattumalta sovittuun aikaan KfK:n pääportille. Puhelinsoitolla saimme paikalle noutajamme, tohtori R. Kösterin,



joka oitis mersullaan johdatti bussimme lasteiseen rakennukseen numero 419, neuvotteluhuoneeseen 103. Vaikka tutkimuslaitos tuntui olevan vartioitu, ainakin fyysisesti, varsin hyvin, ei sisäänkulkua tarvittu monimutkaisia hallinnollisia muodollisuuksia. Henkilötietoihimme kohdistettu ennakkotarkastus oli ilmeisesti osoittanut meidät kaikki ympäristölle vaarattomiksi. Vartijat olivat selvästi aseistettuja, kaikki aidat olivat kaksinkertaisia, korkeita, piikkilangoilla yläreunaan koristeitua ja aita-aloissa oli nurkkapaikoissa TV-kamerat. Aitojen välissä kulki vielä induktiivinen ilmaisujohto, joka tarpeen tullen herättää nuokkuvat vartijat monitoriensä äärestä. Kaikkein turvallisimmat rakennukset sijaitsivat aidatun laitosalueen keskellä vielä omilla samanlaisilla aidoilla eristettyinä. Suojaukset olivat paikoitellen myös massiivisia, portteja reunustavat kukkaruukut olivat tonnin painoisia betonimöykkyjä, portteissa hennomman rautalankaverkon seassa oli ranteen vahvuisia vaijereita ja porttisysteemiin kuului usein myös automaattisesti peittyvä vallihauta. Rakennukset olivat matalahkoja, siistin oloisia, alueen kulkuväylät olivat suorina ja hyvin asfaltoitua, romukasatkin olivat hyvässä järjestyksessä. Vaikka tutkimuskampuksella ei konventionaalista voimantuotantoa erityisesti tutkitakaan, löytyy sieltä kymmenkunta korkeaa piippua, reaktoreiden ilmastointiin tarkoitettuja. Ainoastaan aktiivikäytöstä poistetut tutkimusreaktorit olivat päässeet vähän ulkoisesti

rapistumaan purkamispäätöstä odotellessaan.

LAITOKSEN TOIMINTA-ALUEET JA TALOUS

Nimestään huolimatta KfK:lla tutkitaan nykyisin kaikkea muuta kuin ydintekniikkaa. KfK:lla on nykyisen jaottelun mukaan 4 päätoiminta-alueita: Ympäristö, energia, mikrosysteemit ja perustiede. Ympäristötutkimukseen kuuluvat vähän jätettä tuottavat ja vähän ilmaa saastuttavat prosessit sekä energiatuotannon ympäristövaikutukset. Energia-alaan liittyy fuusio, ydinjäte, turvallisuustutkimus ja suprajohde. Mikrosysteemejä ovat esim. robotiikka, materiaalitutkimus ja pinnoitteet. Perustieteisiin kuuluvat astrofysiikka, ydin- ja hiukkasfysiikka ja uudet tekniologiat.

Fissioteknologiaan liittyvä tutkimus on pienentynyt kuin pyy maailmanlopun edellä. Turvallisuustutkimus ja ydinjätteen hoito saavat tänä vuonna enää 16...17 % KfK:n resursseista ja ennuste tulevasta trendistä oli negatiivinen. Ennuste oli, että parin vuoden kuluessa osuus jää alle 10 %. Kymmenen vuotta sitten kyseinen osuus oli vielä 65 %. Isäntämme pitivät laitoksen nimenvaihtoa jo perusteltuna ja ajankohtaisena. Kevyt-

aistittavissa



vesireaktoreista tutkitaan vain vakavien onnettomuuksien seurauksia ja niiden pienentämistekniikoita. Aiheet ovat: sydänsulan aiheuttama höyryräjähdys reaktoritankissa, tankin korkeapaineinen rikkoutuminen, globaali tai lokaali vetyräjähdys suojarakennuksessa ja sydänsulan tunkeutuminen suojarakennuksen betonirakenteisiin. Koko aihepiiri suuntautuu siis suojarakennuksen kuormituksen määrittelyyn vakavissa onnettomuustilanteissa. Korkea-aktiivisen ydinjätteen loppusijoitustutkimus on rajoittunut lämpömekaanisiin laskelmiin ja kemiallisiin prosesseihin loppusijoitustilassa, joka saksalaisen suunnitelman mukaan on suolakorroosuma. Tutkimuskeskuksella on myös pieni oma ydinjätteiden välivarasto.

Hyötöreaktoreiden turvallisuustutkimus muodostuu jälkilämmön poiston turvaamisesta luonnonkierron avulla sekä passiivisista (itsetoimivista) turvallisuusjärjestelmistä. Ranskan, Saksan ja Englannin yhteisen ERF-hankkeen (European Fast Reactor) vaihe 2 päättyy vuoden 1993 loppussa ja jatko on kuihtumassa teollisuuden haluttomuuteen satsata lisää rahaa aiheeseen. KfK:n oman rahoituksen turvin jatketaan kuitenkin säästöliekillä aktiivisten polton tutkimista hyötöreaktoreissa.

Fuusiotutkimus on saavuttanut jo noin 5 vuotta sitten vakiona pysyneen vajaan 20 % budjettiosuuden. Fuusiotutkimuksen osa-alueita ovat suprajohteet, magneetit, plasmakuumennus, materiaalit, vaipan kehittäminen, polttoainekierto, turvallisuus ja käsittelyrobotiikka. Muut aiheet: ympäristötutkimus, mikrosysteemit ja materiaalitutkimus ovat koko ajan kasvattaneet osuuttaan KfK:ssa ydintutkimuksen kuihtuessa.

KfK:n toiminta on organisoitu matriisin tapaan. Toisessa suunnassa toiminta on jaettu noin 50 projektiin, jotka ovat tyypillisesti kaksivuotisia, ja toisessa suunnassa laitoiksiin, jotka ovat eriytyneet tekniikan alojen mukaan. Poikkiteollisuus tuntui olevan nyt muotia.

Budjetti kunnossa

KfK:n budjetti on 674 MDEM, josta 78 % on budjettirahoitusta ja 22 % tulorahoitusta (lähinnä lisenssituloja). Menopuolella on 3000 vakinaista ja 1200 tilapäistä tai muuten vuokrattua työntekijää, jotka syövät 46 % budjetistä, 12 % menee investointeihin ja 42 % käyttömenoihin. Pikaisella laskutoimituksella saadaan henkilöä kohti palkka + sotu-kustannuk-

siksi 265 kmk vuodessa, joka on markan heikosta kurssista huolimatta aika lähellä VTT:n vastaavaa lukua 218 kmk.

KOELAITTEISTOT

Kuten edellä esitetystä budjetin menorakenteesta voi päätellä, KfK on orientoitunut vahvasti kokeelliseen tutkimukseen. Näin ollen vierailummekin näyttävimmät kohteet olivat koelaitteistoja. Koelaitteistoja alueella on paljon enemmänkin, mutta tutustuimme neljään, joiden aihepiiri sopi meille ja joilla ei juuri nyt ollut käynnissä sellaisia aktiviteetteja, jotka olisivat häiriintyneet vierailijoista.

Beta

Ensinnä kävimme BETA-koelaitteistolla, joka oli jälleenrakennusvaiheessa. Edellinen koesarja oli päättynyt reilun vetyräjähdyskseen, jonka isännät totesivat helppotaneen laitteiston purkutyötä. Karrelle palaneet ja lommoutuneet koestuspöntöt olivat pihalla ja uusia koerakenteita oltiin paraikaa rakentamassa koehalliin. Mainittuja BETA-kokeita tehtiin tutkittaessa kevytvesireaktorin sydänsulan vaikutuksia laitoksen betonirakenteisiin sekä tutkittaessa sydänsulan vesijäähdytysmahdollisuuksia. Laitteisto oli valusenkka, johon kerralla juoksutettiin 300 kg rautaa ja 50...150 kg alumiinioksidia. Jauheet sytytettiin sähkökipinällä ja termiittireaktion vaikutuksesta vapautuu runsaasti energiaa ja rauta sulaa 2200 C° nesteeksi. Senkan sisältöä lämmitetään samanaikaisesti ympäriltä induktiivisesti max 2 MW teholla. Näin voidaan kuvata sulassa raudassa jälkitechoa, joka on tyypillinen todellisen coriumin ominaisuus. Senkan pohjassa olevassa aukossa on koestettava rakenne, esim. betonilaatta. Ajan kuluessa sula rauta syö eroosion avulla betonia, ilmiötä tutkitaan senkan sisällä olevalla videokameralla, lämpötilamittauksilla ja poistokaasujen jatkuvalla analysoinnilla. Koesarjalla on kokeiltu myös betonin alla tai sisällä olevien jäähdytysvesilähteiden vaikutusta. Videolta saimme nähdä kokeen, jossa sopivalla jäähdytysvesivirtauksella oli sula rauta saatu ajan kuluessa jäähtymään ja jäähdyttymään hallitusti. Koesarja oli päättynyt kokeeseen, jossa betonin alla oli vesiallas. Tämän tyyppinen jäähdytys betonin puhjettua oli johtanut laitteiston integriteetin menetykseen. Aikaisempi BETA-laitteisto mittaili ilmiötä n. 30 cm läpimittaisilla koekappaleilla. Nyt rakenteilla ollut uusi laitteisto oli suurempi, koekappaleiden läpimittana oli jo metrin luokkaa.

Neptun ja Ramona

Seuraavat kohteet käsittelevät hyötöreaktorin jälkilämmön poiston kokeilua passiivisten järjestelmien avulla. Systemi on periaatteessa molemmista päistään avoin savupiippu, jossa alapäässä sijaitsee lämmönvaihdin. Ensin luonnonkierrolla pannaan jäähdyte (natrium) kiertämään lämmönvaihtimen kautta, josta aiheutuu piipussa olevan ilman lämpeneminen, tiheyden pieneneminen ja luonnollinen veto. Koelaitteissa primäärienergia luonnollisesti tuotettiin sähkövastuksilla, jäähdytteenä oli vettä, mutta ilma oli aitoa. NEPTUN-koelaitteisto kuvasi hyötöreaktorin mittakaavassa 1:20 ja RAMONA-laitteisto mittakaavassa 1:5. Lämmitystekot olivat vastaavasti enimmillään 30 kW ja 1,3 MW. Laitteistoissa oli runsas lämpötilamittausinstrumentointi ja paikallisia virtausnopeuksia ja -suuntia mitattiin laser-valon valaisemien hiukkasten ja valokuvauksen avulla. Samaa mittausteknikkaa oli kehitelty 2-dimensioisella AQUARIUS-mallilla, jolla tällä hetkellä oli jokin teekkari tekemässä diplomityötä pimeässä kopissa. NEPTUN-kokeiden vetäjä osoittautui lievästi Suomihulluksi, hän oli opiskeluaikoinaan ollut konepajaharjoittelussa Wärtsilän Turun telakalla.

Fuusio

Suprajohteisiin perustuvien magneettien koestus tapahtuu KfK:ssa lieriön muotoisessa kryostaatissa (pakastimessa). Fuusioreaktorien magneettikelojen koestuslämpötila näet on -269 C°. KfK:ssa on rakenneltu ja testailtu EURATOM:in yhteistä magneettia, joka on pärjännyt hyvin ORNL:n (Oak Ridge) vertailukokeissa, jossa vertailtavana on ollut EURATOM:in lisäksi sveitsiläinen, japanilainen ja kolme amerikkalaista (General Electric, General Dynamics, Westinghouse) magneettikela. Fuusiotutkimukseen liittyi myös viimeinen kohde, tritiumlaboratorio, jonka käyttö oli juuri alkamassa. Laboratorion johtaja oli juuri Kanadassa suorittamassa vastaanottotarkastusta 2 gramman tritiumerälle, jonka piti saapua seuraavalla viikolla laboratorion suljettuun prosessisysteemiin.

DI Heikki Raiko on VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion erikoistutkija, p. (90) 456 5046

VIERAILU GUNDREMMINGENISSÄ

ATS:n ekskursio suuntautui 1.10.1993 Gundremmingenin ydinvoimalaan Saksaan. Tutustumiskierroksella vierailtiin B-laitoksen valvomossa, reaktori- ja turbiinihalleissa, syöttö- ja jäähdytysvesipumpuilla sekä dieselhuoneessa. Yhteenvedot laitoksen käyttökokemuksista ja turvallisuusnäkökohdista antoivat hyvän vertailukohtan Siemens/NPI:n Suomeen tarjoamaan kiehuvesilaitokseen.

Vierailu alkoi poikkeuksellisesti, sillä ensimmäistä kertaa koko viikon aikana kaikkien matkalaisten piti esittää oma passinsa.

Itse vierailukohde eli Gundremmingen II toimi hyvin pitkälti Siemensin Suomeen tarjoaman kiehuvesilaitoksen referenssinä.

Gundremmingen on ensimmäinen laitos, joka on toteutettu Siemens BWR-72-konseptin mukaan. Se on lämpötehoaan 3840 MW ja sähkötehoaan 1310 MW.

Merkittävimpänä erona on, että Suomen laitoksen jäähdytykseen olisi käytetty merivettä, ja lähinnä tämän ansiosta sähköteho olisi ollut yli 100 MW korkeampi.

RWE:n JA BAG:n yhteisprojekti

Gundremmingen II eli blokit B ja C ovat RWE Energie AG:n (75 %) ja BAG:n eli Bayernwerk AG:n (25 %) yhdessä omistamia samoin kuin niiden vieressä oleva blokki A. Vanhin laitos otettiin käyttöön v. -66, ja sen sähköteho oli 250 MW. Laitos on ollut käytöstä poistettuna vuodesta 1980 ja on osittain purettu reaktorin ja primääripiiriä lukuunottamatta. Ne on suunniteltu purettavaksi vuosituhanen loppuun mennessä.

Laitokset sijaitsevat Tonavan varrella, josta ne saavat jäähdytysvesitornien tarvitseman lisäveden.

B-blokin rakennustyöt alkoivat heinäkuussa -76, ja se kytkettiin verkkoon maaliskuussa -84. C-blokin rakennustyöt

alkoivat vuoden viiveellä, ja se otettiin käyttöön heinäkuussa -84.

Suhteellisen pitkän rakennusajan syynä olivat rakennusaikana tehdyt tekniset muutokset yhdessä saksalaisen lupamenettelyn kanssa.

Henkilöstö

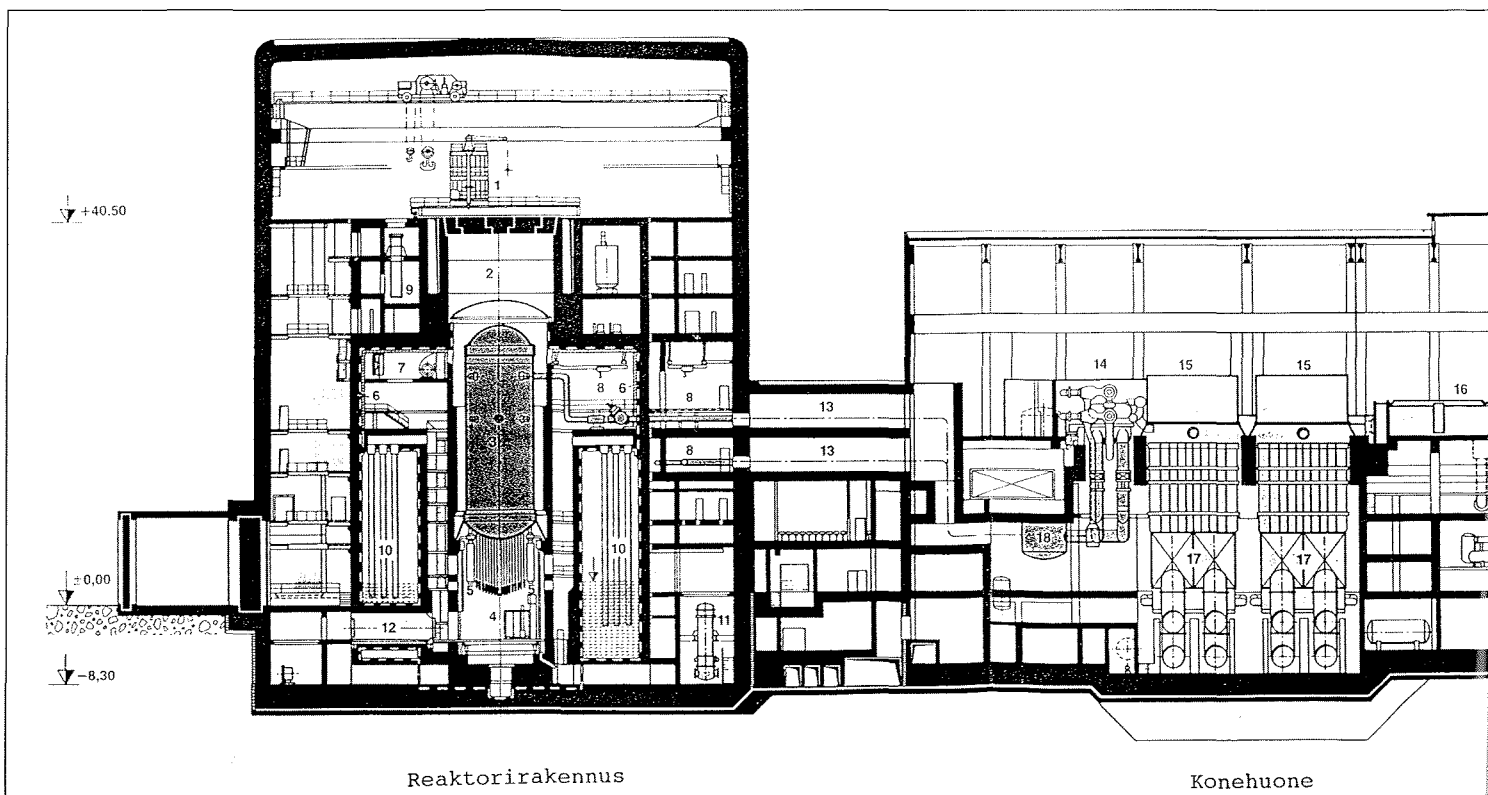
Laitoksella työskentelee yhteensä noin 1000 henkeä, joista 250 on ulkopuolisten yritysten palveluksessa lähinnä vartiointissa ja puhtaanapidossa. Varsinaisissa tuotantotehtävissä on 260 henkeä, hallinnossa noin 100 ja loput teknisessä tuessa sekä huollossa.

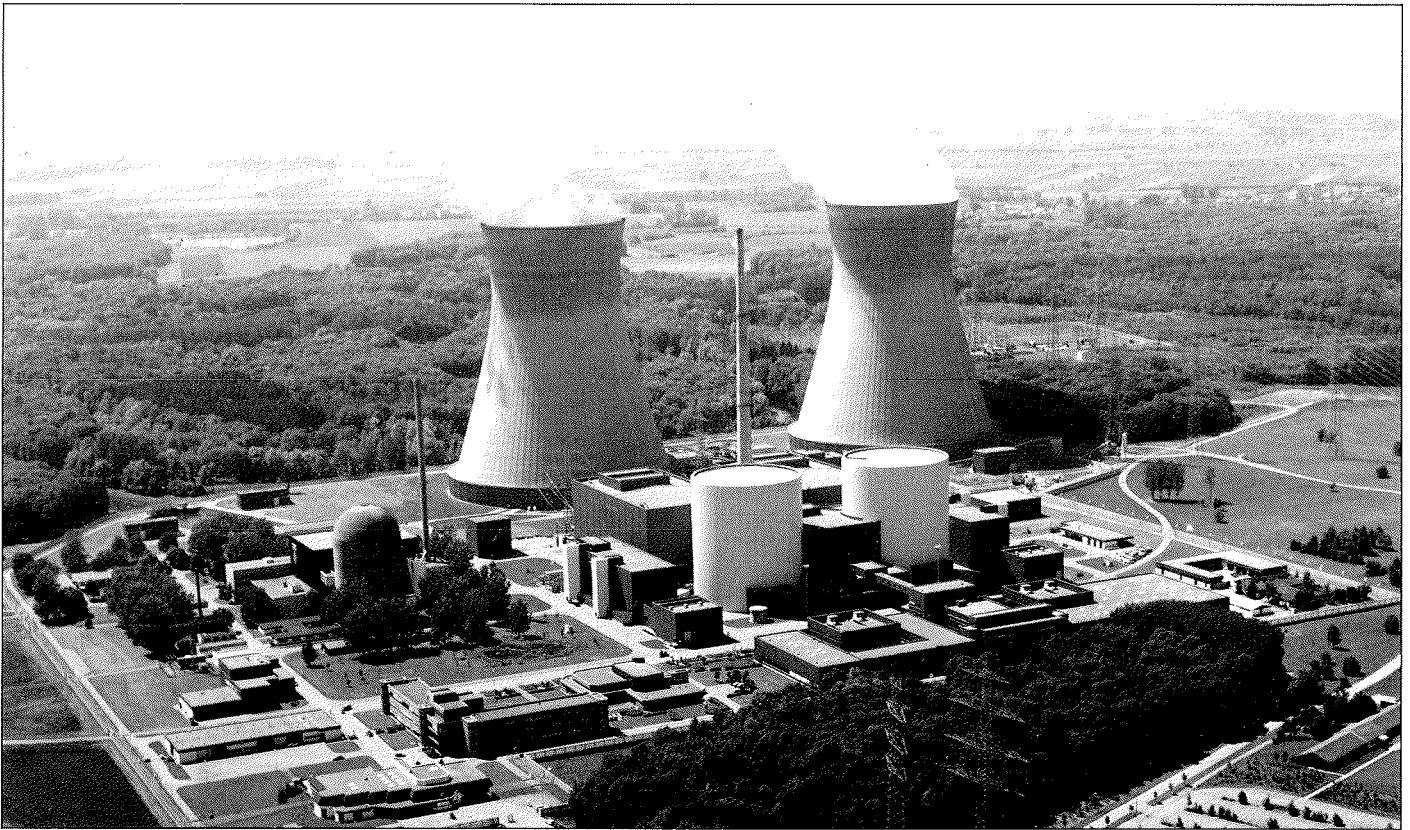
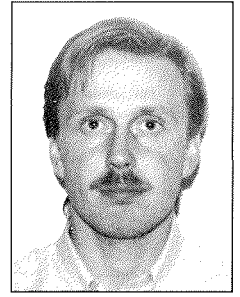
Tekniset tiedot

Laitosyksiköt B ja C

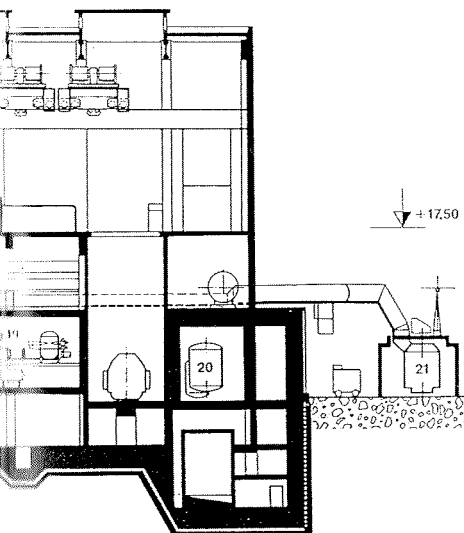
Koko laitos

— reaktorin lämpöteho	3840 MW
— bruttosähköteho	1310 MW
— nettosähköteho	1249 MW
— bruttohyötysuhde	34,1 %
— nettohyötysuhde	32,5 %
— uraanin kokonaispaino sydämessä	noin 135 t





Reaktorirakennuksen ja konehuoneen pitkittäisleikkaus



- 1 Latauskone
- 2 Reaktoriallas
- 3 Reaktoripaineastia
- 4 Säätosauvojen koneisto
- 5 Pääkiertopumput
- 6 Suojarakennus
- 7 Ilmastointijärjestelmä
- 8 Putkitila
- 9 Polttoainealtaan jäähdytin
- 10 Lauhdutusallas
- 11 Jälkilämmönpoisto
- 12 Sulku
- 13 Tuorehöyry- ja syöttövesitunneli
- 14 Korkeapaineturpiini
- 15 Matalapaineturpiini
- 16 Generaattori
- 17 Lauhduttimet
- 18 Välitulistin
- 19 Poistokaasujärjestelmä
- 20 Lauhteen puhdistuslaitos
- 21 Päämuuntaja

Suojarakennus

— mitoituspaine	4,3 bar
— sisäläpimitta	29 000 mm
— sisäkorkeus	32 500 mm

Turpiini

Tyyppi: Ylipainelauhdeturpiini	
Nimellisteho	1310 MW
Höyrinpainetaurpiinin sisääntulossa	67 bar
Höyrin lämpötila turpiinin sisääntulossa	283°C

Generaattori

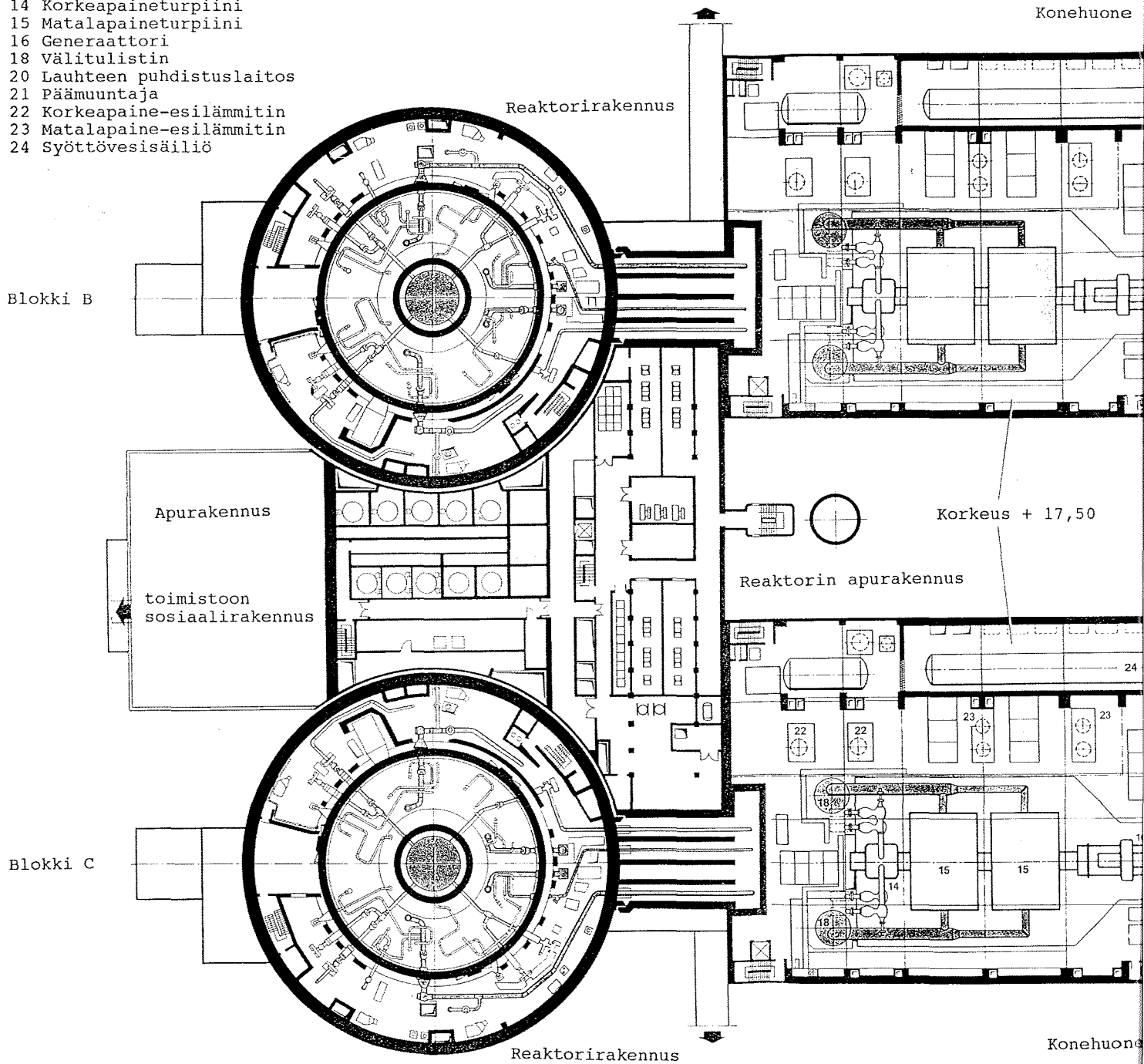
Tyyppi 4-napainen vaihtovirtageneraattori	
Määrä	1
Kierros-luku	25 s-1
Näennäisteho	1530 MVA
Staattorin käämityksen jäähdytys	H2O
Staattorin levypaketin jäähdytys	H2
Roottorin jäähdytys	H2O

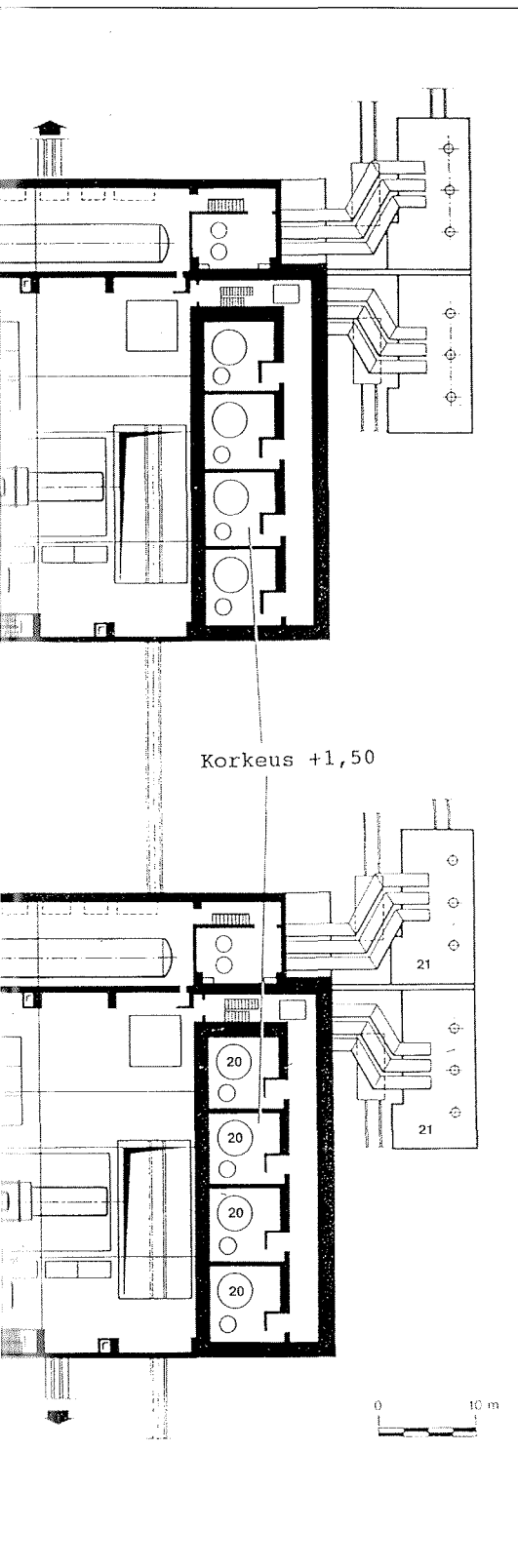
KÄYTTÖKOKEMUKSIA

B- ja C-laitosten käytettävyyssuunnitelmat ovat olleet hyviä. Mm. energiakäytettävyys kaupallisen käytön alusta on B-lai-

Reaktorirakennuksen, reaktorin apurakennuksen ja konehuoneen pohjapiirros

- 14 Korkeapaineturpiini
- 15 Matalapaineturpiini
- 16 Generaattori
- 18 Välitulistin
- 20 Lauhteen puhdistuslaitos
- 21 Päämuuntaja
- 22 Korkeapaine-esilämmitin
- 23 Matalapaine-esilämmitin
- 24 Syöttövesisäiliö





toksella 86,23 % ja C-laitoksella 84,05 %. Luvut ovat n. 5 % pienempiä kuin TVO:n laitoksilla, mikä johtuu erilaisesta revisiofilosofiasta.

Käytettävyyksiä ovat pienentäneet vuosi- huoltojen lisäksi vähäisessä määrin, ot- taen huomioon yhteensä 18 käyttövuotta, mm. seuraavat viat:

- matalapaineturpiinin siipivaurio
- viisi pulttia paineastiassa
- ulospuhallusventtiiliongelmia
- dumpkausongelmia.

Normaali vuosihuollon pituus on runsaat 40 päivää. Vuosi- huoltojen väli on yli yh- den vuoden. Kaksi kertaa käyttöhistorian aikana eli vuosina -89 ja -92 ei laitoksella (B ja C) ole ollut vuosi- huoltoseisokkia kalenterivuoden aikana.

Työntekijöiden kollektiivinen säteilyannos vuotta kohden on ollut keskimääräinen 1,25 Sv/laitosyksikkö. Vastaava luku TVO:lla on 0,8 Sv/laitosyksikkö. Tehoon suhteutettuna Gundremmingenin lukuar- vo on hieman vastaavaa TVO:n arvoa parempi.

Vuotuiset käyttökustannukset ovat tällä hetkellä noin 150 milj. DEM, huoltokus- tannukset noin 100 milj. DEM ja inves- toinnit noin 100 milj. DEM.

Laitoksilla on tehty mm. seuraavat muu- tokset:

Viranomaisen suosituksesta:

- suojarakennuksen paineenalennusjär- jestelmä
- suojarakennuksen sallitun maksimi- paineen nosto
- wetwellin inertointi typpikaasulla
- laitokselta ulospäästetyn radioaktiivi- suuden seurannan parantaminen
- päävalvomon ilmastoinnin parannus
- kaapeliyhteys riippumattomasta 20 kV:n verkosta

PSA-laskujen perusteella

- syöttövesisäiliön ohitusventtiili
- yhden korkeapaineisen apusyöttövesi- pumpun muutos
- diversifioitujen ulospuhallusventtiilien lisäys
- diversifioitujen paineastian pinnankor- keusinstrumentoinnin kehittäminen
- riippumattoman jälkilämmönpoisto- järjestelmän lisäys
- putkiyhteys jäähdytysvesi- ja ruisku- tusjärjestelmän välille

- Suunnitteilla olevat muutostyöt
- onnettomuuden jälkeisen vedyn mää- rän rajoittaminen suojarakennuksessa
- onnettomuuden jälkeinen näytteenot- tojärjestelmä suojarakennuksessa
- tehon nosto 40 MW:lla.

HAVAINTOJA LAITOS- KIERROKSELTA

Laitoskierroksella kävimme B-laitoksen valvomossa, reaktorihallissa, turpiinihal- lissa, syöttövesipumputilla, jäähdytysvesi- pumputilla ja yhdessä dieselhuoneessa.

Valvomoon mentäessä havaitsimme kylt- tejä, joissa kiellettiin hitsaus ja radiopu- helinten käyttö. Valvomossa tehonäytöllä oli lukemat 1059 MW, eli laitosyksiköllä oli venytysajo meneillään. Vuorojärjes- telmä on muuttumassa viisivuoroisesta kuu- sivuoroiseksi mahdollistaan mm. tehok- kaamman koulutuksen. Vuoron viikko- työaika oli 38 tuntia.

Turpiinihallissa kuljimme seinänvierusto- ja pitkin etäisyyden lisäämiseksi turpiiniin ja annosten pienentämiseksi. Hallissa oli valmiina turpiinien uudet roottorit, jotka vaihdetaan vuosi- huollossa. Siipikonstruk- tiomuutoksilla tehoa nostetaan 40 MW/laitosyksikkö.

Kaapeleita oli määrättyissä paikoissa pääl- lystetty kaapelipinnoitteella tulipalojen etenemisen estämiseksi.

Dieselhuoneen seinällä oli kyltti varoitta- massa huoneeseen sijoitetusta hiiren- ja rotanmyrkystä. Kullakin dieselillä oli suu- ri 72 tunnin polttoainesäiliö.

Laitoskierroksen jälkeen monella meistä oli vaikeuksia päästä läpi säteilymonito- reista. Monitorit oli todennäköisesti sää- detty melko herkälle. Laaja laitoskierros antoi siistin ja selväpiirteisen vaikutelman laitoksesta.

DI Heikki Härmä on Siemens Oy:n myyntipäällikkö, p. 90-510 53 724.

DI Sami Jakonen työskentelee suun- niteluinsinöörinä Teollisuuden Voi- ma Oy:ssä, p. 938-3811.

English abstracts

Excursion

Salomaa (page 1)

This issue is devoted to articles based on the study tour that a group of ATS members made to Netherlands and Germany, Sept. 26—Oct. 2, 1993. Several nuclear facilities were visited during the trip. The group also met KTG representatives in Bonn. The decision by the Finnish parliament of not to build a new nuclear unit shadowed the otherwise very successful trip and also forces ATS to face the new challenges.

FNS 1993 study tour to Germany and Netherlands

Tapio Saarenpää (page 2)

The annual technical tour of the Society was made this year to Germany and Netherlands. The tour took place right after the application for the fifth nuclear unit to Finland was voted down in the parliament. Fifteen FNS members took part in the one-week tour. A total number of eight nuclear-related organizations were visited. This includes a meeting with the German Nuclear Society and visits to uranium enrichment, fuel fabrication and research facilities as well as to two power plants. These represented the reference plants for the German bids for the fifth Finnish unit. The article, written by the person in charge of organizing the tour, gives a brief overview of the tour and the visits.

Visit to the URENCO Ltd

Matikainen, Paavola (page 6)

The centrifuge process, for the enrichment of uranium in Almelo Holland started production in 1976. Essentially the aim is to achieve a partial separation of the two main isotopes occurring naturally in uranium in order to produce a higher concentration of the fissile isotope which is then burned in nuclear reactors.

A commercial enrichment plant requires thousands of centrifuge machines connected together in groups of parallel cascades.

Urenco Ltd is owned by three companies: UCN from Netherlands, BNFL from Britain and URANIT from Germany.

VISIT TO ANF/SIEMENS FUEL FABRICATION PLANT

Lavi, Pesonen (Page 8)

The excursion group of the Finnish Nuclear Society visited to ADVANCED NUCLEAR FUELS GmbH fuel fabrication plant in Germany during the first day of tour. The plant is situated in Lin-gen and has been fabricating fuel elements for pressurized water reactors and boiling water reactors since 1979.

ANF processes low enriched uranium dioxide (UO₂) with a maximum U-235 enrichment of 5 % to produce fuel elements. The original scope of production of the plant, encompassing fuel rod and fuel element assembly, was expanded in 1988 to include production of UO₂ pellets. Construction of UF₆ conversion facility will make it possible to start the manufacturing process with uranium hexafluoride (UF₆) obtained from uranium enrichment plants.

The plant has fabricated more than 6000 fuel elements comprising more than 1 million fuel rods since commencing production. A total of 20 nuclear reactors in Germany, France, Sweden, Finland (TVO), Belgium and Switzerland have taken delivery of fuel elements fabricated by ANF GmbH.

Quality controls take place at every stage in the production process and is accorded in high priority in fuel element fabrication. This we could observe ourselves when we visited to fuel assembly fabrication section of plant.

Visit to the NPP Emsland

Käräjääja, Palsinajärvi (page 12)

The Emsland PWR-plant is one of the three German plants of the 1300 MW Convoy class. The other two plants are Isar 2 and Neckar 2. The lifetime load factors in Emsland and Neckar 2, in particular, have been very high.

The Convoy plant was one of the possible concepts for the fifth nuclear power plant for Finland. As well known, the negative decision taken by the Finnish parliament concerning building of additional nuclear power for Finland has cancelled these plans, at least within short term.

VISIT TO THE ABB MANNHEIM INDUSTRIAL PLANT AND TO THE HEIDELBERG RESEARCH CENTRE

Kainulainen, Roine (page 16)

The group of ATS excursion travellers visited the ABB Kraftwerke AG in Mannheim and the ABB Konzernforschungszentrum in Heidelberg. In Mannheim our hosts presented the key figures and main business areas of the ABB group and especially of the ABB Kraftwerke AG. The various steps of the assembly work of gas and steam turbines and generators were demonstrated during the visit to the industrial plants. In Heidelberg the main research areas of the laboratories were presented. During the laboratory visits the scientists gave a short presentation of a control system developed for coal-fired power plants, a simulation model for turbine blade design and high temperature resistant material studies.

ATS VISIT TO KfK, KARLSRUHE NUCLEAR RESEARCH CENTER

Raiko (page 18)

The ATS foreign excursion team of 15 persons visited Karlsruhe Nuclear Research Center (KfK) during the one week excursion in Holland and Germany. Dr. R. Köster welcomed us and gave a good overview presentation on KfK activities in general and also the trends in nuclear research field in Germany. A special lecture was given on both nuclear safety research program and fusion program, too. In addition to the presentations we were invited to a visit to following facilities: core catcher development (BETA), decay heat removal by natural convection (NEPTUN and RAMONA), fusion magnets and tritium laboratory. The activities gave the impression of effective and well-organized functions in the KfK in spite of decreasing nuclear research budget.

Ens

ENC '94 ENS – ANS – FORATOM INTERNATIONAL NUCLEAR CONGRESS + WORLD EXHIBITION Atoms for Energy: a dialogue with the industry's young generation on nuclear's future ● Lyon, France, October 2–6, 1994

European Nuclear Society (ENS), American Nuclear Society (ANS),
European Nuclear Forum (Foratom)

Co-sponsors: Canadian Nuclear Society, Chinese Nuclear Society,
Japan Atomic Industrial Forum, Korea Atomic Industrial Forum

CALL FOR POSTER PAPERS

ENC '94 is a unique combination of World Nuclear Congress + Exhibition, with many new, attractive features. It is by far the most important gathering of its kind in 1994. The world's nuclear leaders will speak in the opening and closing sessions and in the invited part of each of the four technical sessions. Too, 20% of the invited contributors are from the younger generation and 10% are women. **Several thousand people will come from all over the world for this event and its associated technical, cultural and social programmes.**

Posters

Each of the four technical sessions below will have an invited and a poster part. The poster session chairman will introduce the poster part in the plenary session. The authors of the three best posters will be given the opportunity to present them in the plenary session.

ENC '94 invites specialists, and particularly the young, to propose poster papers on the following subjects:

1. The need for nuclear energy in different parts of the world

Economic and environmental considerations about the introduction or non-introduction of nuclear capacities in the energy supply systems in different parts of the world. Competition between nuclear, fossil fuels (especially coal and gas), hydropower and alternative energies. Nuclear abandonment's impact on economic development and the environment.

2. Safety of operating nuclear power plants

Operating experience with existing plants. Implemented backfitting, the reasoning behind them, and financial implications. What is needed to extend plant lifetimes? Proposals for, and implementation of, international safety standards worldwide. National approaches.

3. Back-end of the fuel cycle – recycling and direct storage of fuel elements

Experience with reprocessing plants, advanced reprocessing technology, technical and economic aspects of plutonium recycling. Can the amount of plutonium be limited by multiple recycling? Technical and economic aspects of direct storage of fuel elements. R+D needs for the two alternatives.

4. Do we need new reactors to improve safety and economics?

Proposals for new designs of reactors with a new safety quality: ability to overcome a core melt accident. R+D results as a basis for design considerations. Hydrogen, steam explosions, rupture of pressure vessel, core-concrete interactions. Design of core-catchers and containments.

Best choice of reactor types or neutron spectrum to transmute actinides and fission products. Results of core design. Quantitative analysis of the quantities to be expected. Needed work on chemical separation technology and fuel fabrication.

The posters will be displayed on panels in the Poster Area at the entrance to the Exhibition.

Permanent personal attendance of at least one author per paper is required to allow proper presentation and discussion. Authors will have to be fully registered participants in the meeting.

The poster papers must be submitted as four-page compacts (extended abstracts) to ENC '94 **by March 31, 1994**. Accepted compacts will be published-as-received in the Transactions, which will be distributed to participants at the opening of the meeting. If a compact has more than four pages, Swiss francs 250 will be charged for each additional page up to a maximum of four. **Papers of more than eight pages cannot be accepted.**

To be considered, the manuscripts of the compacts must accord with the following **instructions**:

- The compact **must** be in English.
- Abstracts must be typed in letter quality (typewriter or printer with carbon film ribbon or laser printer output) on letter-size sheet (A4 paper format), with a margin of 2.5 cm on the left, medium spacing and on one side of the paper only. Figures must be high quality black and white prints: send the originals and no photocopies! The manuscript pages must not be stapled.
- A cover page must be added. It is needed for handling, will not be published, and should give: full title of paper; name, affiliation and town of all authors; full name, position, postal address, phone and fax number of the main author for correspondence; indication in which of the four technical sessions the paper should belong.
- The actual manuscript of the compact must start with the title followed by the listing of the name(s), affiliation(s) and town(s) of all authors. The text must continue on the same page; tables and figures must be integrated in the text at their relevant place.
- The contents should be: an introduction clearly showing the objectives of the paper, a description of what is new and significant, the main results, their discussion, and the conclusions.

The main authors will be notified by June 30, 1994 on whether their poster paper has been accepted or is even one of the top three per session. At the same time they will be informed about the organizational details.

For further information, contact Jorma Aurela or Margrit Schürch at ENS below.

Mail your compact before March 31, 1994 to:

**ENC '94, c/o ENS, P.O. Box 5032,
Belpstrasse 23, CH - 3007 Berne, Switzerland.**

Tel. ++41 31 320 61 11. Fax ++41 31 38 244 66.

