

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA -

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



4/97, vol. 26

Tässä numerossa

Lännen ja idän ydinkulttuurit tutuiksi	1
RESUMÉ: Getting acquainted with the western and eastern "nucleus" cultures	2
ENS young generation network study tour through Russia	3
Radium-instituutti: Historiaa Mendelejevistä nykyaikaiseen säteilyvalvontaan	6
Jätteenkäsittelyä Venäjän sydämessä	8
Elektrostal sotilaskäytöstä ISO 9002-kuntoon	10
Venäjän tutkimusreaktorit osa atomihistoriaa	12
ATS matkalla Ranskassa ja Sveitsissä	14
COGEMA-Marcoulessa Ranskan ensimmäiset reaktorit	18
CEA:n tutkimuskeskukset Rhonen laaksossa	20
Rhonen laakson ydinenergiaryvä	22
Tricastinin voimalaitos ydinkeskittymän tarpeisiin	24
CERNissä tutut suomalaiset oppaat	26
Grimsel ja Sveitsin ydinjätehuoltosuunnitelmat	27
Leibstadtin vieraat tervetulleita	29
Paul Scherrer -instituutissa tutkitaan ja opiskellaan	31
Kasvihuoneilmiö — kestävä kehitys?	32
Hederspris och stipendier 1997	33

ATS

YDINTEKNIikka

4/97, vol. 26

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

VUODEN 1998 TEEMAT

TOIMITUS

Päätoimittaja
DI Jorma Aurela
Imatran Voima Oy
Loviisan voimalaitos
PL 23, 07901 Loviisa
p. (019) 550 3070
jorma.aurela@ivo.fi

Erikoistoimittaja
TkL Eija Karita Puska
VTT Energia
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5036
eija-karita.puska@vtt.fi

Erikoistoimittaja
DI Arto Isolankila
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8314
arto.isolankila@stuk.fi

Erikoistoimittaja
DI Olli Nevander
IVO Power Engineering Oy
01019 IVO
p. (09) 8561 2613
olli.nevander@ivo.fi

Erikoistoimittaja
TkL Eero Patrakka
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 3300
eero.patrakka@tvo.tvo.elisa.fi

1/98
Naiset ja ydinvoima

2/98
Ydinvoimat sotilaskäytössä

3/98
Teollisuus ja energia
(erikoisnumero)

4/98
Ekskursio

ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 2000 mk
1/2 sivua 1400 mk
1/4 sivua 1000 mk

JOHTOKUNTA

Puheenjohtaja
Tkt Seppo Vuori
VTT Energia
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5067
seppo.vuori@vtt.fi

Varapuheenjohtaja
Tkt Ilari Aro
Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8296
ilari.aro@stuk.fi

FK Anneli Nikula
Energia-alan Keskusliitto ry
FINERGY
PL 21, 00131 HELSINKI
p. (09) 6861 6222
anneli.nikula@finergy.fi

Rahastonhoitaja
DI Virpi Kouhia
Lappeenrannan Teknillinen
Korkeakoulu
PL 20, 53851 Lappeenranta
p. (05) 621 2781
virpi.kouhia@lut.fi

DI Tapio Saarenpää
Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 4312
tapio.saarenpaa@tvo.tvo.elisa.fi

Sihteeri
DI Vesa Tanner
VTT Kemiantekniikka
PL 1404, 02044 VTT
p. (09) 456 6354
vesa.tanner@vtt.fi

DI Olli Nevander
IVO Power Engineering Oy
01019 IVO
p. (09) 8561 2613
olli.nevander@ivo.fi

TOIMITUKSEN OSOITE

ATS Ydintekniikka
c/o Jorma Aurela
Imatran Voima Oy
Loviisan voimalaitos
PL 23
07901 Loviisa
p. (019) 550 3070 (suora)
telefax (019) 550 4435

Osoitteenmuutokset
pyydetään ilmoittamaan
Liisa Hinkulalle/VTT Energia
telefax (09) 456 5000
e-mail: liisa.hinkula@vtt.fi

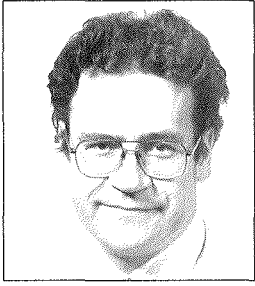
Lehdessä julkaistut artikkelit
edustavat kirjoittajien omia
mielipiteitä, eikä niiden kai-
kissa suhteissa tarvitse vasta-
ta Suomen Atomiteknillisen
Seuran kantaa.

TOIMIHENKILÖT

Kansainväl. asioiden sihteeri
DI Jussi Palmu
Posiva Oy
Mikonkatu 15 A
00100 Helsinki
p. (09) 2280 3750
jussi.palmu@posiva.fi

Ekskursios sihteeri
DI Jaakko Pullinen
IVO Power Engineering Oy
01019 IVO
(09) 8561 4123
jaakko.pullinen@ivo.fi

ISSN-0356-0473



Seppo Vuori

LÄNNEN JA IDÄN YDINKULTTUURIT TUTUKSI

ATS:n tämänvuotisilla ulkomaan opintomatkoiilla kartoitettiin ydinvoimatilannetta Euroopassa maantieteellisesti varsin laajalla alueella. Seuran perinteinen syysekskursio suuntautui Ranskaan ja Sveitsiin. Nuorten opintomatka puolestaan toteutettiin yhteistyössä Ranskan ja Hollannin ydinteknillisten seurojen nuorten kanssa ja kohdemaana oli Venäjä.

Syksyn vierailujen kohteena olevat maat edustavat tavallaan ääripäitä. Ranska on ydinvoiman soveltamisen laajuudessa suurvaltio, ja Venäjä puolestaan on entinen suurvalta myös ydinvoima-alueella. Mutta Venäjällä erityisesti nuorella polvella on voimakas kiinnostus tutustua läntiseen ydinvoimakulttuuriin.

Seuran läntisen opintomatkan kohteemme, Ranska ja Sveitsi, olivat vielä 1980-luvun alussa meitä hitusen jäljessä ydinvoiman suhteellisessa osuudessa. Vuosien vierieissä tilanne on kuitenkin muuttunut, ja Ranska on pitkään kulkenut navakan myötätuulen siivittämänä ydinvoiman mahtimaaksi, jossa on laajamittaisesti käytössä ydinpolttoainekierron kaikki vaiheet kehdestä melkein hautaan asti.

Ydinvoiman menestystarinassa on Ranskassakin kuitenkin kohdattu ainakin yksi Akilleen kantapäätä, sillä runsasaktiivisten ydinjätteiden loppusijoituksen osalta eivät lopulliset ratkaisut ole sielläkään otettavissa konkreettisesti käyttöön vielä pitkiin aikoihin. Teknisesti ei ydinpolttoaineen elinkaaren sulkemisella lopullisen jätehaudan uumeniin olekaan kiirettä. Ranskalaisen mallin mukaisesti käytetystä polttoaineesta jälleenkäsittelyssä erotettua ja edelleen lasiin kiinteytettyä runsasaktiivista jätettä voidaan turvallisesti välivarastoida hyvinkin pitkään ja loppusijoituksen paikanvalintaan voidaan paneutua kaikessa rauhassa ottaen huomioon paikallisten asukkaiden näkemyksiä. Lisäksi ydinvoiman pitkän aikavälin strategian kannalta on tietenkin ollut Ranskassa melkoinen pettymys, että hyötöreaktorien käytön laajentamisessa on kohdattu huomattavia vastoinkäymisiä.

Sveitsissäkin nojaututaan sähköntuotannossa lähes yksinomaan kasvihuonekaasujen päästöjen kannalta edullisiin energiamuotoihin, ydinvoimaan ja vesivoimaan. Väestö on tässä laajasti kansanäänestysdemokratiaan nojautuvassa maassa kuitenkin suhtautunut varsin varauksellisesti ydinvoimaan. Sveitsissäkin kompastuskivistä keskeisin on ydinjätteistä huolehtiminen. Monimutkaisesta päätöksentekoprosessista johtuen on vähä- ja keskiaktiivisten voimalajijätteiden loppusijoituslaitoksen sijoituspaikka edelleen sopimatta. Loppusijoitusta ja sen turvallisuutta on Sveitsissäkin selvitetty hyvin perusteellisesti, mutta toiveista joskus kaukana tulevaisuudessa nojautua kansainvälisiin ratkaisuihin ei ole tyystin luovuttu. Tiettyjä toiveita on asetettu myös viimeaikoina eri maissa usein esille tuotuun ydinjätteiden transmutaatioon, mutta myös sveitsiläisissä tutkimuksissa on todettu esimerkiksi kiihdytinpohjaisen energiavahvistimen käytön vaativan vielä runsaasti panostusta kehitysohjon.

Seuran nuorien jäsenten yhdessä Ranskan ja Hollannin sisarseurojen kanssa tekemä opintomatka Venäjälle on ollut monessa suhteessa antoisa opettaessaan eri osapuolia ymmärtämään toisiaan paremmin huomattavista kulttuurieroista huolimatta. Lisääntyvällä yhteistyöllä — erityisesti nuoren polven edustajien kesken — tulee olemaan ratkaisevan tärkeä merkitys Venäjälle sen pyrkimyksissä elvyttää ja uudistaa aikanaan varsin kunnianhimoinen ydinvoimaohjelmansa uuteen nousuun.

TkT Seppo Vuori on Suomen Atomiteknillisen Seuran puheenjohtaja ja johtava tutkija VTT Energiassa, p. (09) 456 5067; E-mail: seppo.vuori@vtt.fi

RESUMÉ: GETTING ACQUAINTED WITH THE WESTERN AND EASTERN "NUCLEUS" CULTURES

The Finnish Nuclear Society has a long-term tradition to make each year an excursion to other countries employing nuclear power for electricity production. In autumn 1997 two study tours were made. The first one was organised as a joint ENS activity among the representatives of the Finnish, French and Dutch young generation networks. This study tour was directed to Russia and there is a separate summary in this bulletin about the experiences and new viewpoints gained on the possibilities of enhanced co-operation between the western and eastern nuclear societies.

The second study tour comprised the traditional annual event to refresh our knowledge on the achievements of the nuclear power programmes in other countries. This year the excursion had a goal to cover the situation in France and Switzerland. Naturally only week was not sufficient to give a comprehensive view of all the nuclear activities and facilities in these two countries.

However, with the valuable help provided by our friends in France and Switzerland it was possible to compose a very tight and interesting tour giving a representative view on the status of French and Swiss nuclear power programmes.

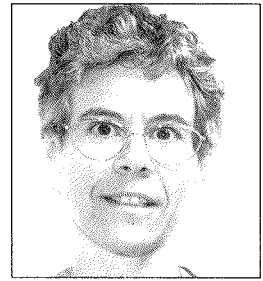
The study tour commenced on September 20 and with a flight from Helsinki to Nice we were transferred from the already rainy autumn back to "summer" in the southern France. After getting acquainted during the week-end with among others the Parfumerie Galimard in Grasse and the magnificent scenery in les Gorges du Verdon, the second largest canyon in the world, the professional part of the tour was commenced on Monday, September 22. The study tour comprised the following visits in France and Switzerland:

- the COGEMA and CEA activities in Marcoule,*
- fuel fabrication at the Tricastin nuclear complex in Pierrelatte,*
- the Tricastin nuclear power plant,*
- the severe reactor accident research of CEA in Grenoble,*
- high-energy particle physics research at CERN,*
- waste disposal research at the Grimsel rock laboratory,*
- nuclear safety research at the Paul Scherrer Institut (PSI) and*
- Leibstadt nuclear power plant.*

Besides the technical visits, the tour group met the representatives of the French and Swiss nuclear societies. On Thursday evening we had an excellent opportunity to have thorough discussions with our Swiss colleagues while enjoying together the traditional Zürich-style dinner hosted by the Swiss Nuclear Society.

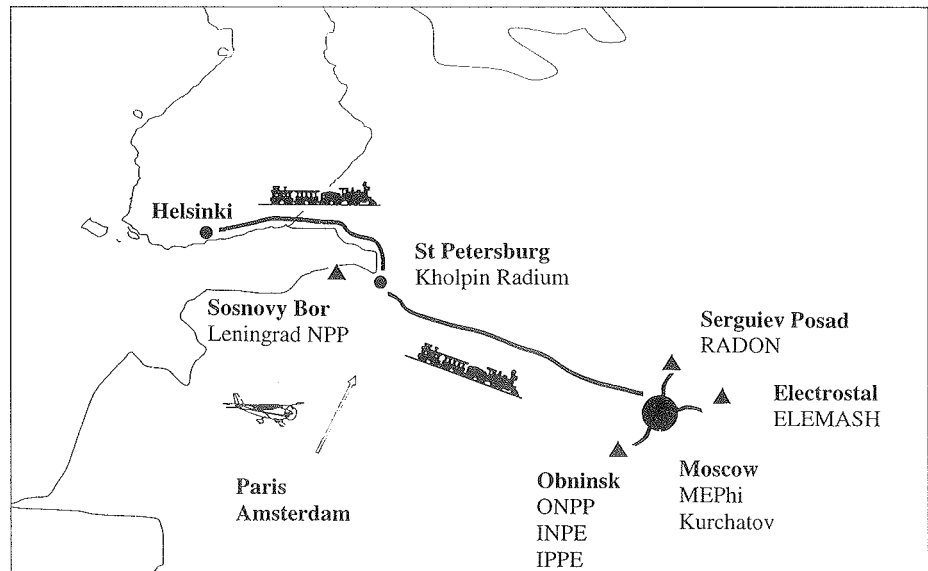
The study tours of this autumn provided us up-to-date information about both the accomplishments and the present challenges of the nuclear power programmes in France, Switzerland and Russia. Furthermore, our experiences confirm the importance of maintenance of previous contacts and making new relationships among the nuclear professionals in different countries to provide better possibilities to share experiences and initiate new joint activities.

**Seppo Vuori , President of the Finnish Nuclear Society
VTT Energy, Deputy Research Manager, Nuclear Energy Research**



ENS YOUNG GENERATION NETWORK STUDY TOUR THROUGH RUSSIA

After various contacts made during the year 1996, the Finnish Nuclear Society, the French Nuclear Society (SFEN), the Netherlands Nuclear Society and the Nuclear Society of Russia (NSR) had expressed a common desire to establish exchange of students and young engineers in the nuclear field. Hence, a study tour through Russia was organised September 6–14, 1997.



A two-day preparation seminar was held in Helsinki June 15–16, allowing the participants to get basic knowledge of the Russian economy and nuclear industry.

Pierre-Louis Chometon, French national coordinator of the young member's activities in SFEN led the delegation. It consisted of fourteen members of the European Nuclear Society Young Generation Network (ENS YGN) coming from Finland, France, and the Netherlands.

Serguei Kushnarev, Executive Secretary of the NSR was in charge of the coordination on the Russian side. Alexandre Tsyboulia and Serguei Klykov representing the Youth Department of the Nuclear Society of Russia (YD of NSR) were our effective and efficient guides during the whole tour.

Communications in a huge country

The Youth Department of NSR organised its Third Annual Conference in September 6–19, 1997. This conference was actually splitted in three meetings held in Saint Petersburg, Obninsk and Ekaterinburg. Our delegation took part in the two first meetings.

For the organisers, young scientists from Obninsk, the conference was the first occasion to visit the Leningrad NPP and

Ekaterinburg. In their opinion it is easier to travel to the United States than through Russia: the trip could be shorter and the money easier to find. Recently, members of the YD of NSR took part in conferences in the United States and in France.

Due to the lack of money, Russians do not travel much inside Russia. Then, the different cities in this huge territory appear like different countries.

Nevertheless, quoting their country, our hosts used often the term of Eurasia.

The aims for this study tour were to

- lay the groundwork for future exchanges
- lay the groundwork for a return visit of a Russian delegation
- offer young engineers and students from Finland, France, and the Netherlands opportunity to understand culture and industrial potentialities of the Federation of Russia

Delegation at the Red Square in Moscow 10.9.1997.

*Moskova, Punainen tori 10.9.1997.
Osa matkadelegaatiota: Lex van Heel, Francois Albertini, Sergei Kudyakov, Pieter Wakker, Petteri Tiippana, Antti Daavittila ja Christine Sarrette (henkilöt vasemmalta lukien).*

Direct personal contacts seem to be the only way to get in touch. A. Tsyboulia, met the members of YD of NSR in St Petersburg for the first time at the conference. When asked, he said that he had no contact via letter or e-mail before because he had not had met them yet.

In the Leningrad Nuclear Power Plant, Serguei Averyanov, head of the information and public relations department, explained that good partnership goes necessarily through not only one but several personal contacts. In his opinion, evening programs also serve to strengthen the links between visitors and Russian hosts.

By experience during our trip, it did not look so easy. Undoubtedly this requested flexibility from our side as well from our hosts. As expected, the knowledge of the Russian language for some of us helped the communication between our group and our hosts.

We had good overview of the current situation in the educational centres: MEPhI in Moscow or INPE in Obninsk. In MEPhI, we met young students who studied in Europe and the United States. In INPE, training centre for personnel in Nuclear Power Plant, contacts with abroad concern the former USSR countries: Lithuania, Latvia and Kazakhstan. In many places we also got very interesting and detailed descriptions of the history of the nuclear in Russia. Certainly, future contacts would include even more presentations related to the present situation in nuclear in the Federation of Russia.



VISITS

- 6.9. Arrival in St Petersburg**
Accommodation in State Regional Education Centre (SEC)
- 7.9. Sightseeing in St Petersburg**
- 8.9. Visit to Leningrad Nuclear Power Plant**
Visit of Scientific Training Centre in Sosnovy Bor
- 9.9. Visit to Khlopin Radium Institute in St Petersburg**
Third Annual Conference of Youth Department of NSR in St Petersburg
Visit of Information Centre in SEC
Transfer to Moscow by night-train
- 10.9. Free time and sightseeing in Moscow**
Official lunch hosted by NSR
- 11.9. Visit to Kurtchatov Institute**
Visit of MEPhI
- 12.9. Transfer to Serguiev Posad and visit of Lavra**
Then the group was splitted in two groups:
 - one visited RADON company in Serguiev Posad
 - one visited ELEMASH company in ElectrostalTransfer to Obninsk
Official dinner hosted by Obninsk YD of NSR
- 13.9. Third Annual Conference of Youth Department of NSR in Obninsk**
Visit of Obninsk NPP (first NPP in the world) in IPPE
Visit of INPE
Official dinner hosted by ENS Young Generation
- 14.9. Transfer to Moscow and return to Amsterdam, Helsinki, Paris**

PARTICIPANTS

Finland:

DAAVITILA Antti
VTT Energy

PIHLATIE Mikko
IVO Power Engineering Ltd

SARRETTE Christine
Lappeenranta University of
Technology

TANSKANEN Aapo
VTT Energy

TIIPPANA Petteri
STUK, Radiation and Nuclear
Safety Authority

France:

ALBERTINI Francois
Student-engineer in ENSTA (Paris)

BRISSE Florent
EDF

CARBONNEL Thierry
Student-engineer in INSA (Lyon)

CHAPELOT Philippe
CEA

CHOMETON Pierre-Louis
COGEMA

GREVIN Estelle
Student-engineer in EPF (Paris)

PARISOT Laure
Student-engineer in ENSTA (Paris)

The Netherlands:

VAN HEEL Lex
ECN

WAKKER Pieter
KEMA

Thanks to our sponsors

ATS, CEA, COGEMA, ECN, EDF,
ENSTA, ENS YGN, FRAMATO-
ME, INSA Lyon, IVO Power Engi-
neering Ltd, KEMA, SFEN, STUK,
VTT Energy.

Younger and older generations in nuclear

Studying nuclear engineering is not very popular among young Russians. Michael Maiorov young researcher in Khlopin Radium Institute (KRI) in St Petersburg told us that it is really a pity that so few young people are interested in nuclear physics. During our visit of the Information Centre (IC) in St Petersburg, we had the feeling that this centre was not too often visited. The IC has been designed by EDF and COGEMA in the frame of a TACIS project to give information about nuclear energy to the public.

Russian youngsters look also very eager to have contacts with others countries. The United States and France are very often mentioned. In KRI there is no money anymore coming from the Russian State. One third of the researchers (the youngest one) have left to work in more profitable jobs such as commercial activities.

Nevertheless, according to Dr Evgeniy Shashukov, head of the Museum in KRI, the trend seems to be inverted nowadays: if in a recent past, young people had a lack of interest to continue studies, now the number of the students entering the university re-increases. He mentioned also an interesting example: one young researcher from KRI got a working permit to work in Australia, but he came back to St Petersburg because he did not have anymore the support of the older generation.

This aspect was also commented by Vyacheslav Kuprianov of IPPE at the Third Annual Conference of YD of NSR in Obninsk. There are big differences between the Nuclear Society when he was younger and now, he said. "Our generation used to cope with the problems given by seniors. We were not thinking individually but collectively. Now situation is very different. Seniors and youngsters should learn to work altogether".

Aware of this, Youth Department of Russian Nuclear Society proposes an International Youth Nuclear Congress in Obninsk in 1999 with the support of the

International Atomic Energy Agency. Young specialists, experienced scientists, politicians, social workers, representatives of ecological organisations and media are invited to take part.

The main scopes of this congress are:

- transfer of experience and knowledge in Nuclear Science and Technology,
- co-ordination of the efforts of various youth nuclear organisations (such as ENS Young Generation Network, ANS students chapters, youth discussion group at INSC),
- popularisation of the nuclear choice among young people.

Still much to learn

Before and during our trip, we asked our Russian hosts numerous questions. There were necessary to make sure we understood each other beyond our cultural differences. And still everybody has much to learn. However, this study tour gave us more precise picture of the situation in Russia.

Concerning the Youth Department of the Russian Nuclear Society, we had contacts mainly with young members from Obninsk and in a lower extent from Moscow. These youngsters showed clearly their interest to build new relationships with our respective Nuclear Societies.

Christine Sarrette is researcher in Lappeenranta University of Technology, Department of Energy Technology, Nuclear Engineering Laboratory,
Tel: +358 9 451 3205;
E-mail: christine.sarrette@lut.fi

RADIUM-INSTITUUTTI: HISTORIAA MENDELEJEVISTÄ NYKYAIKASEEN SÄTEILYVALTONTAAN

Syyskuun yhdeksäntenä istumme aamuruuhkassa Pietarin metrosa matkalla kohti Radium-instituutin historiallista rakennusta. Jäämme pois Petrogradskajan asemalla ja suuntaamme kohti liukuportaita. Ulkona sataa kaatamalla, mutta onneksi vierailukohteeseemme on matkaa vain puoli kilometriä.



Radium-instituutin historiallinen rakennus sijaitsee Pietarin keskustassa osoitteessa Röntgenkatu 1. Rakennus toimii nykyisin museona. Radium-instituutin varsinainen päärakennus sijaitsee Pietarin pohjoisosassa, ja instituutilla on tutkimuslaitoksia Pietarin ulkopuolella Hatsinassa ja Sosnovy Borissa. Röntgenkadulla ryhmämme vastaanottaa Jevgeni Shashukov, joka ohjaa meidät vihreällä veralla sisustettuun auditorioon. Istuudumme ja tohtori Shashukov aloittaa kertomuksen Radium-instituutin ja radioaktiivisuuden historiasta Venäjällä.

Mendelev, Vernadski, Khlopin ja Kurtsatov

Tarina alkaa Mendelejevistä. Muistamme, että hän kehitti jaksollisen järjestelmän. Mendelejev ei uskonut radioaktiivisuuteen, vaan piti sen tutkimista ajanhukkana. Hän jopa kehotti opiskelijoita välttämään radiokemian opiskelua.

Tieto Marie Curien ja muiden alan pioneerien saavutuksista kuitenkin kiiri Venäjälle, ja vuonna 1922 akateemikko

V.I. Vernadskin aloitteesta perustettiin Radium-instituutti, jonka tavoitteena oli radiumteollisuuden käynnistäminen Venäjällä. Vernadski (1863–1945) edusti venäläistä älymystöä parhaimmillaan. Hän oli perehtynyt minerologiaan, geokemiaan ja biokemiaan, minkä lisäksi hän harrasti filosofiaa. Meille näytetään Vernadskin museoitu työhuone.

Alusta alkaen Vernadskin rinnalla työskenteli hänen oppilaansa akateemikko V.G. Khlopin (1890–1950), jonka ansioksi luetaan venäläisen radiokemian synty. Khlopin kollegoineen kehitti radioaktiivisten aineiden teollisessa rikastamisessa tarvittavia kemiallisia prosesseja.

Radium-instituutissa syntyi myös venäläinen ydinfysiikka. G.A. Gamov kehitti 20-luvun lopussa alfa-hajoamisen teorian. Vuonna 1937 L.V. Mysovski ja I.V. Kurtsatov rakensivat Euroopan ensimmäisen syklotronin, jota pääsemme katsomaan instituutin kellariin. Vuonna 1940 K.A. Pertzak ja G.N. Flerov havaitsivat uraaniytimen spontaanin fission. Radium-instituutissa syntyivät

myös venäläinen neutronifysiikka, radioaktiivisen säteilyn dosimetria ja gammaspektroskopia.

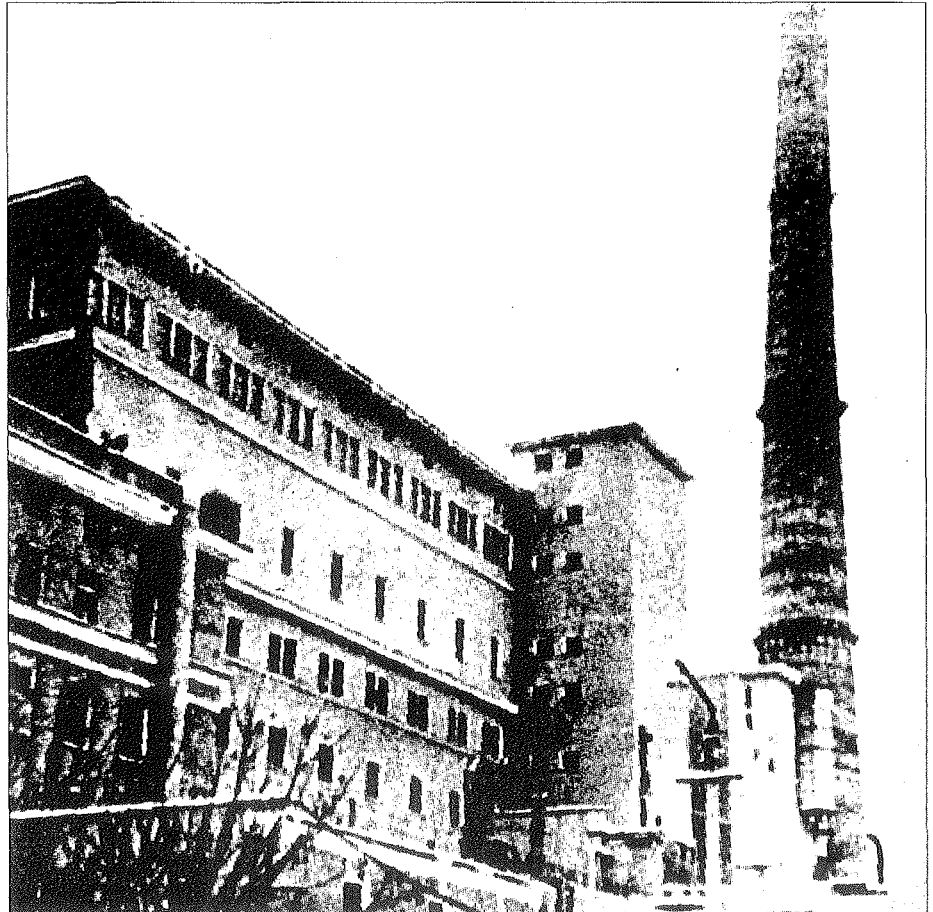
Ydinfysiikan monet sovellutukset

Alusta alkaen Radium-instituutissa tutkittiin rinnakkain ydinfysiikan käyttöä terveydenhoitoon, energiantuotantoon ja sotilaallisiin tarkoituksiin. Alkuaikoina instituutissa työskenteli noin 50 tutkijaa, mutta toisen maailmansodan aikana työntekijöiden määrä kasvoi yli 1500 tutkijaan. Shashukov myöntää, että venäläiset varastivat ydinaseiden valmistukseen tarvittavan tiedon ulkomailta, mutta tähdentää, että tiedon käyttö olisi ollut mahdotonta ilman Radium-instituutin luomaa tieteellistä pohjaa.

Syklotronia rakentanut Kurtsatov siirtyi Moskovaan ja perusti vuonna 1943 Neuvostoliiton tiedeakatemian laboratorion No. 2, jonka tehtävänä oli rakentaa atomipommi. Neuvostoliiton ydinaseen rakentaminen kesti vain kaksi vuotta. Laboratorion No. 2 ympärille kasvoi tiedekeskus, joka nimettiin Kurtsatov-



Neuvostoliiton ensimmäinen plutoniumreaktori Tsheljabinsk 40:ssä. Joulukuussa 1948 toimintansa aloittanutta plutoniumtehdasta johti Radium-instituutin apulaisjohtaja B.A. Nikitin (kuva oikealla).



Radium-instituutin perustajien, Vernadskin ja Khlopinin museoitu työhuone (kuva vasemmella).

instituutiksi. V.G. Khlopin ja B.A. Nikitin kehittivät menetelmän plutoniu-min erottamiseksi säteilytetystä uraanista, ja vuonna 1948 aloitti toimintansa Venäjän ensimmäinen Radium-instituutin menetelmään perustuva plutoniumtehdas salaisessa Tsheljabinsk-40:n kaupungissa.

Uusien vuosikymmenten haasteet

50- ja 60-luvulla Radium-instituutti keskittyi radiokemiallisten menetelmien kehittämiseen sekä ydinfysiikan perustutkimukseen. 70- ja 80-luvulla instituutissa aloitettiin käytetyn ydinpolttoaineen jälleenkäsittelyn ja radioisotooppiuotannon tutkimus. Samaan aikaan nousivat esille myös radioaktiivisuuden ympäristövaikutukset, ja Radium-instituutissa kehitettiin menetelmiä säteilyn monitorointiin.

Tänä päivänä Radium-instituutin tehtäviin kuuluu Pietarin alueen säteilyvalvonta, jota varten perustettiin vuonna 1994 erityinen Minatomin alainen onnettomuuskeskus. Onnettomuus-

keskuksella on Pietarin alueella, mm. Sosnovy Borin ydinvoimalan ympärillä useita automaattisia säteilymittareita. Radium-instituutilla on käytössään myös liikkuvaa kalustoa, ja se on osallistunut Tshernobylin onnettomuusalueen sekä vanhojen ydinkoepaikkojen radioaktiivisuuden mittaukseen.

Radium-instituutin tulevaisuus

Neuvostoliiton hajoaminen oli kova taloudellinen isku maan tieteelle. Radium-instituutin vuosikymmeniä nauttima valtion rahoitus tyrehtyi, ja monet lupaavat nuoret tutkijat siirtyivät kaupallisemmille aloille. Radium-instituutilla oli kuitenkin onnekseen tarpeeksi osaamista ja kansainvälisiä suhteita, joiden kautta se onnistui löytämään uusia rahoituslähteitä.

Nykyään instituutissa työskentelee noin 1 000 tutkijaa, joiden päätutkimusaloja ovat ydinfysiikka, radiokemia ja ympäristön radioaktiivisuuden mittaaminen. Radium-instituutilla on käytössään paljon kokeellisia laitteistoja ja niiden rakenta-

miseen tarvittavaa tietämystä. Instituutti on toimittanut laitteitaan moniin kansainvälisiin hankkeisiin ja ulkomaisiin laboratorioihin, mm. Jyväskylän yliopiston raskasionilaboratorion paikkariippuva neutronidetektorin on kehitetty Radium-instituutissa. Instituutti kehittää ja valmistaa myös teollisuuden säteilylähteitä, radiolääkkeitä ja merkkiaineita.

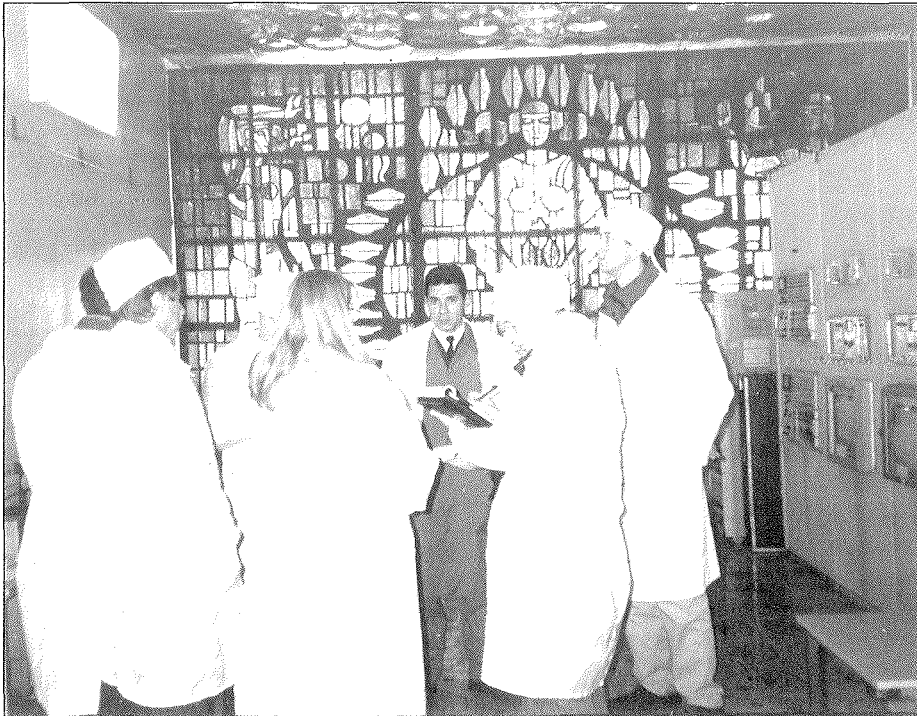
Ydinenergiaan liittyen Radium-instituutissa tutkitaan kokeellisella SKAT-laitteistolla ainetta rikkomattomia menetelmiä käytetyn ydinpolttoaineen palaman määrittämiseksi. Instituutissa tutkitaan myös käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely-, transmutaatio- ja loppusijoitusmenetelmiä. Radium-instituutin osaamisesta kertoo sen valinta IAEA:n ydinsulkusopimuksen valvontakomission tekniseksi asiantuntijaksi.

DI Aapo Tanskanen työskentelee tutkijana VTT Energian reaktori-analyyysiryhmässä,
p. (09) 456 5017;
E-mail: aapo.tanskanen@vtt.fi

JÄTTEENKÄSITTELYÄ VENÄJÄN SYDÄMESSÄ



Perjantaiamuna 12.9. ajoimme Moskovasta satakunta kilometriä koilliseen sijaitsevaan Sergiev Posadiin, jossa vietimme aamupäivän tutustuen Pyhän kolminaisuuden luostariin. Luostari on yksi Venäjän ortodoksisen kirkon keskuspaikoista. Luostarivierailun jälkeen puolet ryhmästämme jatkoi matkaansa Elektrostaliin Moskovan itäpuolelle loppujen jäädessä Sergiev Posadin seudulle.



Sergiev Posadiin jääneellä ryhmällä oli ohjelmassa tutustuminen tieteellis-teolliseen yhtymään nimeltä Radon (Moskovskoje nautshno-proizvodstvennoje objedinenije "Radon"). Radonilla on toimipaikat sekä Moskovassa että Sergiev Posadissa, jossa toimii radioaktiivisen jätteen keräys-, käsittely- ja varastointilaitos. Moskovan toimiston vastuulla on Moskovan alueen säteilyvalvonta.

Vierailun isäntänä toimi yhtymän ulkoisista suhteista vastaava johtaja Sergei Shmelev. Vierailun aluksi meille jaettiin informaatiota Radonista sekä näytettiin

yhtymää esittelevä videofilmi, minkä jälkeen oli ohjelmassa kierros radioaktiivisen jätteen käsittelylaitoksella sekä tutustuminen Radonin tutkimushankkeisiin yhtymän laboratorioissa. Meille esiteltiin myös laitoksella ja sen ympäristössä suoritettavien säteilymittausten tuloksia. Vierailu päättyi isäntien tarjoamaan erittäin runsaaseen lounaaseen.

Jätettä koko Keski-Venäjältä

Radonille Sergiev Posadiin toimitetaan radioaktiivista jätettä koko Keski-Venä-

Ryhmämme kuuntelee isäntien kuvausta säteilymittauksista Radonin jätteenkäsittelylaitoksen säteilyvalvontakeskuksessa.

jältä, alueelta, jonka väestöpohja on noin 40 miljoonaa ihmistä. Radonin asiakkaita ovat niin teolliset, tieteelliset kuin lääketieteellisetkin organisaatiot, joita on yhteensä noin 12 000. Yksistään kiinteää radioaktiivista jätettä Radon vastaanottaa noin 3 000 kuutiometriä vuodessa.

Jätteenkuljetusta varten on rakennettu erikoisvarusteltuja kuorma-autoja. Näitä on kolmea eri tyyppiä: yksi kiinteän, yksi nestemäisen ja yksi korkea-aktiivisen jätteen kuljetukseen. Autot on varustettu radiolähtimillä, joten niiden liikkeitä voidaan seurata jatkuvasti. Lisäksi autoissa on, Radonin edustajien mukaan, automaattinen hälytysjärjestelmä, joka ilmoittaa kuljettajalle, jos korkein sallittu säteilytaso ylitetään.

Laitokselle tuleva palava kiinteä radioaktiivinen jäte, muun muassa puu-, paperi- ja tekstiilijäte, käsitellään ensisijaisesti polttamalla. Myös vastaanotettu biologinen jäte, esimerkiksi koe-eläimet, poltetaan. Polttamalla jätteen tilavuus pienenee noin tekijällä 60–80 alkuperäiseen tilavuuteen verrattuna. Tuloksena syntyvä tuhka sidotaan betonimatriisiin,



Radioaktiivisen jätteen kuljetukseen tarkoitettuja erikoisvarusteltuja kuorma-autoja.

ja prosessin aikana syntyvät kaasut johdetaan kaasunpuhdistusjärjestelmän kautta ilmakehään. Polttamisen tehostamiseksi Radonilla tutkitaan uutta polttomenetelmää, plasmauunia, jossa lämpötila nousee 1 600 celsiusasteeseen.

Palamaton kiinteä jäte puristetaan kaasaan, jolloin sen tilavuus pienenee noin tekijällä 4–8. Joitain suurimpia laitteita tai rakenteita ei käsitellä lainkaan vaan yksinkertaisesti loppusijoitetaan sellaiseen. Kaikki käsitelty jäte sijoitetaan Radonin alueelle Sergiev Posadiin muutaman metrin syvyyteen, jossa jätettä voidaan jatkuvasti valvoa.

Nestemäinen jäte on vuodesta 1964 alkaen kiinteä lähinnä sementoimalla. Tätä varten Radonilla on sekä kiinteitä että siirrettäviä yksiköitä. Toinen perinteisesti käytössä ollut menetelmä on ollut haihduttaa osa nesteestä pois ja sitoa jäljelle jäävä osa bitumiin. Liikkuviin jätteenkäsittely-yksiköihin kuuluu myös laitteisto, jolla voidaan puhdistaa vettä. Juomaveden puhdistus radioaktiivisista aineista on yksi Radonin tärkeimmistä tutkimuskohteista.

Uusi lasitusmenetelmä käyttöön tänä vuonna

Laitoksella on tarkoitus aloittaa tänä vuonna nestemäisen radioaktiivisen jätteen käsittely uudella vitrifikaatiolaitteistolla, jolla jäte lasitetaan kiinteäksi aineeksi. Lopputuloksena on materiaali, joka pysyy koossa erittäin pitkään eikä pala, päinvastoin kuin bitumi. Tähän mennessä laitteistolla on tehty kokeita ei-radioaktiivisilla aineilla.

Radonin tutkimusosasto on kehittänyt myös menetelmää kontaminoituneiden pintojen puhdistamiseksi lämpökäsittelyllä. Menetelmä perustuu metalliseoksen polttamiseen esimerkiksi saastuneen asfaltin pinnalla. Käsittelyn jälkeen poistetaan irronnut pintakerros, jolloin esille tullut uusi tien pinta on puhdas radioaktiivisista aineista.

Radonilla valvotaan sekä ihmisten henkilökohtaisia säteilyannoksia että säteilytasoa laitoksen alueella ja ympäristössä. Laitoksen alueella valvonnasta huolehtii automaattinen SPRUT-järjestelmä. Ympäristö on jaettu kolmeen vyöhykkeeseen, joiden säteet ovat 2, 5

ja 15 kilometriä. Näillä vyöhykkeillä valvonta perustuu jatkuvaan näytteiden ottoon ilmasta, maaperästä, sade-, pinta-, ja pohjavedestä sekä kasvillisuudesta ja eläimistä. Radonin työntekijät esittelivät hyvin ylpeinä näiden säteilymittausten tuloksia, joissa näkyvät sekä 1960-luvun ydinkokeet että Tshernobylin onnettomuus muttei viereisen laitoksen toimintaa. Valvonnan ohella Radon tutkii kokeellisesti radioaktiivisten aineiden kulkeutumista erilaisissa maaperätyypeissä.

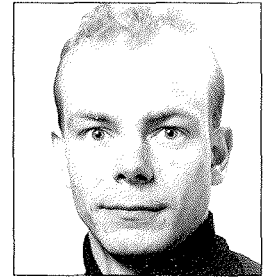
Moskovan säteilyvalvonta Radonin vastuulla

Radon on vastannut myös koko Moskovan alueen jatkuvasta säteilyvalvonnasta vuodesta 1974. Tätä toimintaa varten sillä on useiden kiinteiden mittaustasemien lisäksi liikkuvia yksiköitä, joista yksi on sijoitettu veneeseen Moskova-joella. Tieto näiltä asemilta kerätään automaattisesti Moskovan itäosassa sijaitsevaan Radonin toimipaikkaan.

Kaiken kaikkiaan vierailu Radonissa oli mielestäni erittäin onnistunut, ehkä koko matkan paras. Toisin kuin monissa muissa kohteissa meille esiteltiin museoiden ja muinaisten suurmiesten sijasta Radonin nykyistä toimintaa ja jopa tulevia hankkeita. Vieraille jäi kuva avoimesta laitoksesta, jonka henkilökunta on aidosti kiinnostunut suhteiden luomisesta muun maailman kanssa.

DI Antti Daavittila työskentelee tutkijana VTT Energiassa, p. (09) 456 5028; E-mail: Antti.Daavittila@vtt.fi

ELEKTROSTAL SOTILASKÄYTÖSTÄ ISO 9002-KUNTOON



Elektrostalin polttoainetehdas valmisti toisen maailmansodan jälkeen tuotteita Neuvostoliiton ydinprojektiin, mutta 50-luvulla painopiste siirtyi polttoainevalmistukseen. Nyt laitos on varustettu nykyaikaisilla laitteilla ja laatu järjestelmät ovat huippuluokkaa.

Ydinpolttoainetehdas 'Mashinostroitelny Zavod', joka sijaitsee noin 50 kilometriä Moskovasta itään 150 000 asukkaan Elektrostalin kaupungissa, on Venäjän polttoaineteollisuuden tärkeimpiä osia. Tehdasalueelle on keskitetty polttoaineen koko valmistusprosessi uraanidioksin valmistuksesta polttoainepiippujen kokoonpanoon. Tehtaalla on noin 10 000 työntekijää ja se käsittelee vuosittain keskimäärin 1 000 tonnia uraania. Vierailullamme Elektrostaliin tutustuimme tehtaan informaatiokeskukseen, jota esitteli keskuksen johtaja Stanislav Gelman.

Tehdas perustettiin vuonna 1917 sotilaallisiin tarkoituksiin valmistamaan ammuksia ja pommeja. Toisen maailmansodan jälkeen, kun Neuvostoliiton ydinprojekti toden teolla käynnistyi, alkoi tehdas valmistaa tuotteita ydinteollisuuden tarpeisiin. Vuodesta 1945 Elektrostalissa valmistettiin korkeasti rikastettua uraania sotateollisuuden käyttöön.

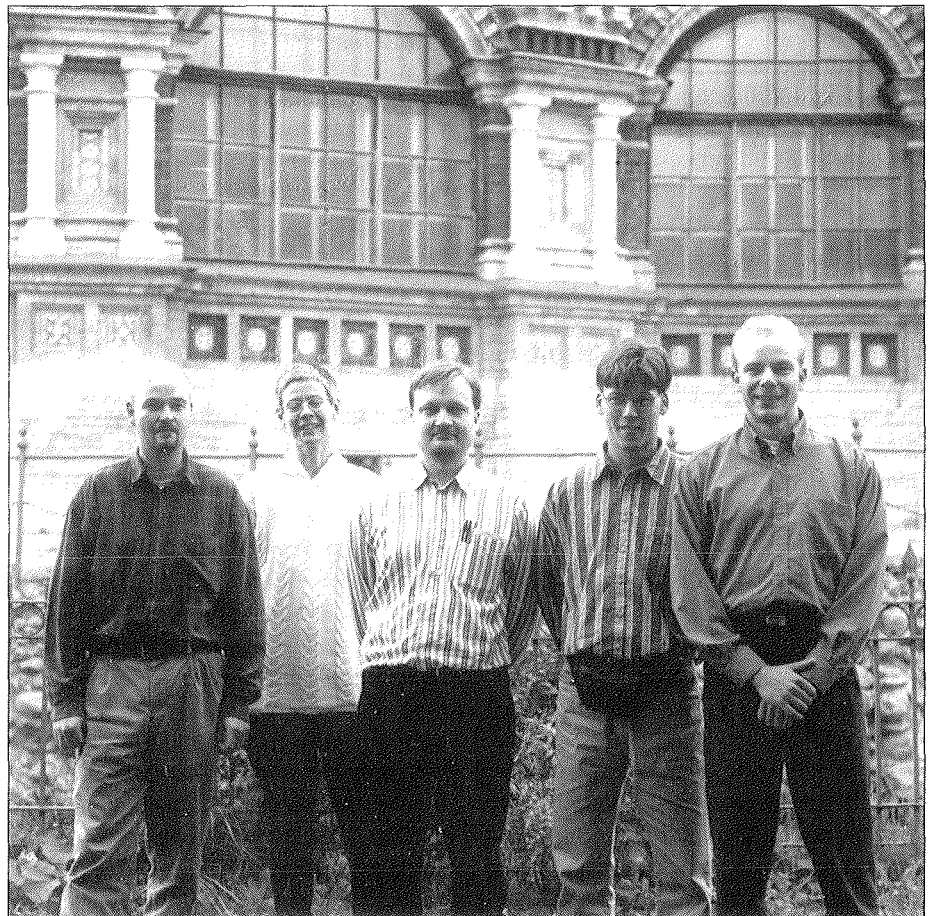
Vuonna 1953 tuotannon painopiste alkoi siirtyä ydinpolttoaineen valmistukseen. Tehtaassa valmistettiin (ja valmistetaan edelleen) polttoaine maailman ensimmäiseen ydinvoimalaitokseen, joka käynnistettiin vuonna 1954 Obninskissa. Vuodesta 1965 polttoaineen tuotanto on ollut massatuotantoa, ja viime vuosina tehdaslinjat on pitkälle automatisoitu ja varustettu nykyaikaisilla laitteilla.

Polttoainetta VVER-, RBMK- ja BN-reaktoreille

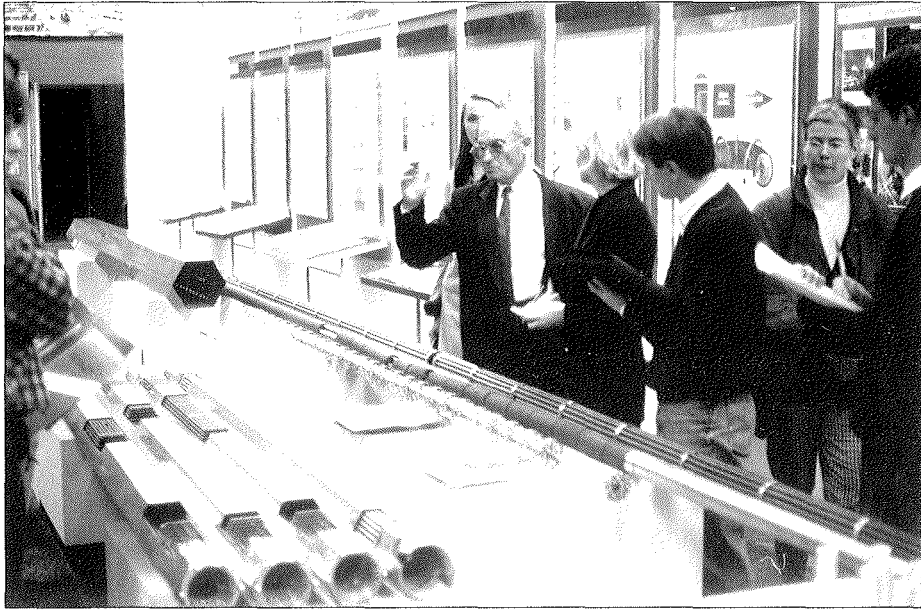
Elektrostalin polttoainetehdas 'Elemash' tuottaa ydinpolttoainetta termisille RBMK-1000, -1500 ja VVER-440 -reaktoreille, sekä nopeille BN-350 ja BN-600 -laitoksille. Tämän lisäksi valmistetaan polttoainetta pieniin kaukolämmityslaitoksiin ja koko Venäjän ydinkäyttöiselle laivastolle sekä joillekin tutkimusreaktoreille. Tehtaan merkitys Venäjälle on kasvanut Neuvostoliiton hajoamisen jälkeen, koska suuri osa polttoainepelleteistä valmistettiin ennen Kazakstanissa. Tarvittavan omavarai-

suuden saavuttamiseksi on pellettien tuotantoa Elektrostalissa lisätty viime vuosina.

Tehtaalla valmistettava uraanidioksidi (noin 700 t/vuosi) tehdään kuivakonversioprosessilla, jossa kaasumainen uraanihexafluoridi reagoi vedyn ja höyryn kanssa. Tämän jälkeen saadusta uraanidioksidijauheesta ja tarvittavista lisäaineista tehdään seos, joka puristetaan pelleteiksi ja sintrataan. Polttoainepelletit ladataan suojakuoriputken sisään, putki esipaineistetaan heliumilla ja hitsataan kiinni.



Iloinen Suomen delegaatio Pietarissa 8.9.1997.



Elektrostalin polttoainetehtaan informaatiokeskus.

Polttoainesauvat VVER-, RBMK-, ja BN-reaktoreihin valmistetaan automaattilinjilla. Nippujen kokoonpanossa tarvittavat muut osat kuten VVER-elementtien kuusikulmaiset kotelot ja sauvoja tukevat välihilat valmistetaan itse. VVER-440 -polttoainennippujen kokoonpanossa valmiit polttoainesauvat työnnetään niitä tukevaan välihilarakenteeseen. Tämän jälkeen nippuun asennetaan alapäätykappale, suojakotelo ja lopuksi yläpäätykappale.

Tehtaalla on otettu käyttöön erilaisia laitteita tuotteiden laadun valvomiseksi. Tällaisia laaduntarkastustoimenpiteitä ovat esimerkiksi pellettien isotooppisäilyksen seuranta massaspektrometrilaitteistolla sekä röntgentelevisiojärjestelmän käyttö hitsisaumojen ja polttoainepatsaan tarkastuksessa.

Tehtaalle myönnetty ISO 9002 -sertifikaatti

Elemashin selviytymistä vaikeissa taloudellisissa oloissa on helpottanut se, että tehtaalla on ollut maksukykyisiä asiakkaita entisen Neuvostoliiton ulkopuolella. Läntiset yhteydet ja liikekumppanit ovat juurruttaneet laatuajattelua; tehtaalla on käytössä dokumentoitu laatuajattelu. Tämä on vaatinut myös aikaisempaa avoimempaa yhteistyötä ja tietojen vaihtamista, vierailuja ja valvontakäyntejä.

Viime vuosina koneita ja laitteita on uusittu voimakkaasti tuotannon tehostamiseksi ja laadun varmistamiseksi.

Todisteena saavutetusta työn laadusta ovat Elemashille myönnetty erilaiset valtionpalkinnot, vuosina 1995 ja 1996 myönnetty kaksi kansainvälistä tunnustusta taloudellisesta selviytymisestä vaikeissa oloissa sekä korkeasta laadusta ja teknologisesta tasosta. Vuonna 1996 TÜV myönsi tehtaan laatuajatteluun sertifikaatin ISO 9002 -kriteerien täyttämiseksi.

Ydinpolttoaineen lisäksi Elemashin tehdas on laajentanut tuotevalikoimaansa valmistamalla joitakin lisensituotteita ja muita kulutustavaroita. Tuotevalikoimaan on kuulunut vuodesta 1991 lähtien muun muassa höyrysilysrautoja, pölynimureita ja ilmastointilaitteita. Nykyisin tehdas saa noin 10 % liikevaihdostaan näiden sivutuotteiden myynnistä ja tavoitteena on kasvattaa osuutta tulevina vuosina. Metallurgista osaamista käytetään myös keraamisten bariumia ja strontiumia sisältävien magneettien tuotantoon. Tehdas tuottaa lisäksi elektrolyyttisesti noin 15 000 tonnia puhdasta kalsiumia vuodessa sekä kovia metalliseoksia tehtaalla tarvittaviin työstölaitteisiin.

VVER-polttoaineen kilpailuasetelma kiristymässä

Tähän asti VVER-440 -polttoaine on pitkälti valmistettu Elektrostalissa ja polttoaine VVER-1000 -laitoksiin Novosibirskissä. Kansainväliset vaatimukset kilpailuista ydinpolttoainemarkkinoista ovat aikaansaaneet sen, että Minatomin määräyksestä Novosibirskissä ollaan aloittamassa VVER-440 -polttoaineen tuotantoa ja vastaavasti Elektrostalissa uudelleen VVER-1000 -polttoainevalmistusta vuonna 1998. Tällä venäläinen osapuoli pyrkii maan sisäiseen kilpailutilanteeseen ja näin vastaamaan länsimaisten yritysten tunkeutumiseen alalle.

Taustalla on Westinghousen kiinnostus VVER-1000:n polttoaineen valmistukseen ja BNFL:n tekemä suunnittelutyö VVER-440 -polttoaineen valmistamiseksi. Westinghouse on valmistanut polttoainetta Tsekin tasavaltaan (Temiin). BNFL on tehnyt IVO:n ja Paksin voimalaitoksen kanssa sopimuksen VVER-440 -polttoaineen lisensioimisesta Loviisan ja Paksin voimalaitoksiin. Lisäksi Elemashilla on yhteistyötä Siemensin kanssa länsimaista suunniteltua olevien nippujen valmistamiseksi Elektrostalissa. Vuonna 1996 joitakin Elemashin valmistamia nippuja on jo toimitettu Saksaan, mutta laajamittaisempaa valmistusta ei ole vielä suunnitelmassa aloittaa. Uuden kilpailuasetelman toivotaan edistävän kehitystyötä polttoaineen käyttäytymisen parantamiseksi ja polttoaineen loppupalaman nostamiseksi.

Kokonaisuutena vierailumme Elektrostalin polttoainetehtaalle antoi kuvan liiketaloudellisiin periaattein toimivasta yhtiöstä, jossa myös pr-toiminnan arvo on ymmärretty. Tiukan aikataulumme vuoksi tehdaskierrokselle ei vierailulamme valitettavasti ollut mahdollisuutta, mutta informaatiokeskuksen esittelyn perusteella saimme käsityksen tehtaan eri toiminnoista.

DI Mikko Pihlatie työskentelee IVO PE:ssä polttoaineinsinöörinä, p. (09) 8561 2454; E-mail: mikko.pihlatie@ivo.fi

VENÄJÄN TUTKIMUSREAKTORIT OSA ATOMIHISTORIAA



Venäjällä on International Nuclear Safety Center (INSC) tietokannan mukaan 27 tutkimusreaktoria, joista peräti kolmasosa on Moskovan alueella ja seitsemän noin 40 hehtaarin kokoisella Moskovan pohjoispuolella sijaitsevalla Kurtsatov Instituutin alueella.

Matkan aikana meillä oli tilaisuus tutustua kahteen Moskovassa sijaitsevaan tutkimusreaktoriin; Fizik-1 Kurtsatov Instituutissa ja IRT-reaktori MIPhE:ssä. Obninskissa ollessamme pääsimme laitosvierailulle maailman ensimmäiselle ydinvoimalaitokselle, jota tätä nykyä käytetään lämmöntuotannon ohella myös tutkimukseen.

FIZIK-1, Kurtsatov Instituutti, Moskova

Fizik-1:n ydinreaktorin suojarakennus näytti ulkopuolelta varsin tavalliselta rakennukselta. Erona oli vain jälkeinpäin umpeen muuratut ikkunat. Ulkoseinään kiinnitetty kyltti kertoi maailman ensimmäisen ydinreaktorin saavuttaneen kriittisyytensä 25.12.1946.

Isäntänämme toimi Oleg Vorontsov, Kurtsatov Instituutin turvallisuusosaston johtaja. Rakennuksen sisälle siirryttiin itse reaktorirakennuksen ulkopuolelta kellarin tapaisesta sisäänkäynnistä. Saavuimme valvomoon, jossa isäntämme alkoi puhua reaktorin tekniikasta ja historiasta.

F-1 on luonnonuraani-grafiitti reaktori. Sen suurin käyttöteho on rajoitettu 24 kW:iin ja normaali käyttöteho on 6 kW. Reaktorilla on alkuaikoina tehty kokeita, joissa saavutettiin jopa yhden megawatin lämpöteho ennenkuin reaktorin negatiivinen lämpötilatakasinkyt-kentä alkoi rajoittaa tehoa. F-1:n sydämen halkaisija on noin 6 metriä ja

Näimme matkamme aikana ainoastaan kolme Venäjän tutkimusreaktoreista. Kahdella näkemistämme reaktoreista on aivan erityinen asema sekä Venäjän että maailman atomivoiman historiassa. Yksittäiset vierailut reaktoreille olivat kattavia; meille näytettiin paljon ja kysymyksiimme vastattiin avoimesti. Vierailut tutkimusreaktoreille olivat mielestäni matkan kohokohtia.



sisältää noin 43 tonnia luonnonuraania, josta riittää käyttöä vielä noin 300 vuodeksi. Sydäntä ympäröi noin metrin paksuinen grafiittivaippa, joka toimii sekä heijastimena että säteilysuojana. Kaikenkaikkiaan grafiittia on sydämen ympärillä noin 480 tonnia.

Lyhyen luennon jälkeen siirryttiin reaktorihallin alaosaan, jossa kävelimme reaktorin ympäri. Reaktorin jäähdytys hoidetaan talon normaalin ilmastoinnin avulla, joskin ilma suodatetaan ennen ulos laskemista. Tästä syystä päästöt pysyvät isäntämme mukaan erittäin alhaisina. Alakerrasta siirryimme yläkertaan, eli reaktorin päälle. Käytävässä näimme alkuperäisen säätösauvojen aseman valvonta- ja liikuttelumekanismiin. Säätösauvoja ohjattiin sukellusve-

Oikealla F-1:n grafiittivaippa. Annosmittaria kaipaavat allekirjoittanut ja hänen tilapäinen biologinen säteilysuojansa Antti Daavittila (VTT Energia).

neen periskoopin ja sen vieressä olevan veivin avulla reaktorihallin seinän takana olevasta rappukäytävästä. Sittemmin säätösauvojen valvonta ja ohjaus on automatisoitu.

Reaktorihallin seinällä kerrottiin kuvin reaktorin rakennus- ja käyttöhistoriasta. Reaktori aloitti toimintansa sotilasteltassa kahden sotilaan vartioimana. Reaktorin päällä isäntämme esitteli säätösauvoja ja varsin konkreettisesti nostoen yhtä käsin noin puoli metriä ylöspäin. Nykyään reaktoria käytetään pääasiassa

neutronivuon mittausrakenteiden kalibrointiin.

Reaktorissa on kaksi vertikaalista ja yksi horisontaalinen kanava erilaisia kokeita varten. Lisäksi sillä on mahdollista tehdä kokeita myös RBMK-kanavalla. Isäntämme mukaan amerikkalaiset ovat vilpittömästi kateellisia reaktorista ja ovat tarjonneet myös taloudellista apua reaktorin käytön jatkamiseen. Tähän ei ole kuitenkaan ollut tarvetta.

IRT-reaktori, Moscow Institute of Physics and Engineering

MIPhE on yliopisto Moskovan eteläpuolella. Se on perustettu 1940-luvulla asiantuntijoiden kouluttamiseksi atomiongelmiin ratkaisemiseksi. Vielä noin 20 vuotta sitten koulu oli erittäin salainen ja suljettu, mutta nyt se on mukana kansainvälisissä projekteissa. Yliopistolla on oma tutkimusreaktori, IRT, joka käynnistettiin ensimmäisen kerran 26.5.1967.

Isäntänämme tutkimusreaktorilla toimi osaston johtaja Alexander A. Portnov. Vierailumme aikana reaktori oli sammu- tettu, koska henkilökunta oli kesälomalla. Aloitimme vierailumme reaktorista ja sen polttoainetta kuvaavien kaaviokuvien vierellä, jossa isäntämme kertoi reaktorin tekniikasta ja rakenteesta. Tämän jälkeen siirryttiin valvomoon ja

reaktorihalliin, jotka muistuttavat jonkin verran kotoista Trigaamme.

Reaktori on allastyypinen kevytvesi-reaktori. Altaan pohjalla oleva sydän muodostuu korkeasti rikastetuista (90% ^{235}U) alumiinikuorisista polttoainesauvoista ja B_4C säätösauvoista. Sydämessä on polttoainetta noin neljä kiloa, 16 elementtiä, ja polttoainetta vaihdetaan neljä kertaa vuodessa. Reaktorin keskimääräinen neutronivuo on noin $5 \cdot 10^{13} \text{ n/cm}^2\text{s}$ ja lämpöteho 2,5 MW. Vesiallas, joka toimii sekä jäähdyttimenä että säteilysuojana on noin 8 m syvä, 2 m leveä ja 4 m pitkä. Sydäntä jäähdytetään pumppujen avulla. Sähkönmetyksen yhteydessä jäähdytys hoituu luonnonkierrolla.

Sydäntä ympäröi 20 koekanavaa, joissa tutkitaan tällä hetkellä mm. puolijohteiden säteilytystä. Lisäksi reaktorilla tuotetaan isotooppeja lääketieteelle sekä tehdään ydinfysiikan ja kiinteän aineen fysiikan kokeita. Reaktorilla on myös tehty BNCT- ja GNCT-hoitoon liittyviä kokeita rotilla ja lähiaikoina on tarkoitus aloittaa hoitoaseman suunnittelu ja rakentaminen, jonka tavoitteena on ihmisten hoitaminen.

Obninsk NPP, IPPE, Institute of Physics & Power Engineering

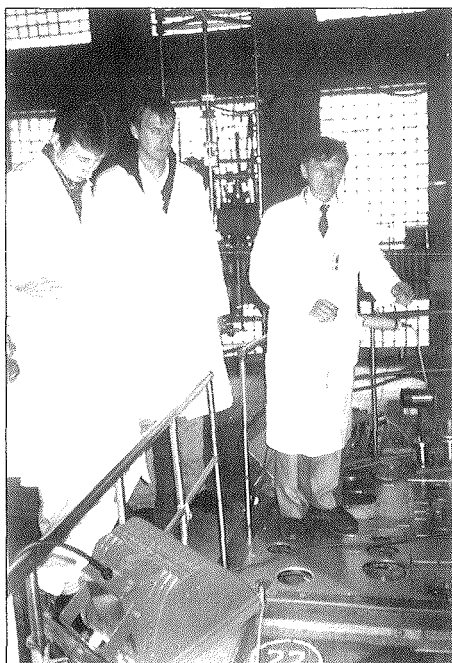
Osallistuessamme Obninskissa järjestettyyn Venäjän atomiteknillisen seuran nuorten jäsenten konferenssiin, meillä oli mahdollisuus vierailla maailman ensimmäisellä ydinvoimalaitoksella. IPPE:n rakentamisen ja suunnitteleman ydinvoimalan käyttöönotto tapahtui 27.6.1954. Isäntänämme voimalaitosvierailun aikana toimi Vyacheslav M. Kuprianov IPPE:sta.

Reaktorin päällä seisovat oikealta lukien isäntämme A. Portnov sekä hollantilaiset ystävämmme Lex Van Heel ja Pieter Vakker

Vierailumme alkoi voimalaitoksen pihalta, jossa isäntämme kertoi jonkin verran laitoksen tekniikasta ja rakennusten sijoittelusta. Tämän jälkeen menimme laitokselle, jossa tutustuimme valvomoon ja reaktorihalliin. Laitoksen turvallisuus on jatkuvan valvonnan alla, sen turvajärjestelmiin on tehty parannuksia ja se vastaa siten nykypäivän vaatimuksia Venäjällä. Laitoksella saatujen suunnittelu- ja käyttökokemusten perusteella on suunniteltu ja rakennettu Beloyarskin ensimmäiset RBMK-laitokset.

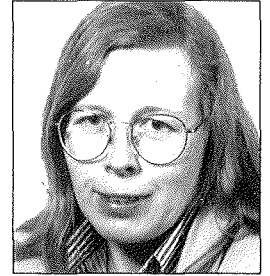
Laitoksella on vesi-grafiittireaktori, jonka suunnitteluteho on noin 30 MW ja sähköteho noin 5 MW. Polttoaineen väkevöintiaste on 12 % ja sen valmistaa nykyisin Elektrostal. Laitoksen höyryturbiinit ovat peräisin uponneesta sotailavasta.

Viiden vuoden kaupallisen käytön jälkeen laitos muutettiin koelaitokseksi. Sähköntuotanto lopetettiin kokonaan 1977 ja laitos aiotaan pysäyttää 1999 ja muuttaa museoksi vuoteen 2005 mennessä. Laitosta käytetään nykyään lämmöntuotannon ohella tehoreaktoreiden polttoaineen, polttoaine-elementtien ja -rakenteiden säteilyttämiseen. Lisäksi reaktorin avulla tutkitaan erilaisia vesikemiallisia olosuhteita ja tuotetaan isotooppeja lääketieteelle.



DI Petteri Tiippana työskentelee Säteilyturvakeskuksessa tarkastajana, p. (09) 7598 8654; E-mail: petteri.tiippana@stuk.fi

ATS MATKALLA RANSKASSA JA SVEITSISSÄ



Syyskuun lopulla, kun suurin osa ATS:n jäsenistöstä värjötteli kotimaassa sateessa, ATS:n 17 edustajaa retkeili Ranskassa ja Sveitsissä. Joukon johtajana oli seuran puheenjohtaja Seppo Vuori, ja Jaakko Pullinen debytoi ulkomaan ekskursionsihteerinä. Matkakohteet vaihtelivat tällä kertaa parfyymitehtaasta ydinjätetutkimukseen.

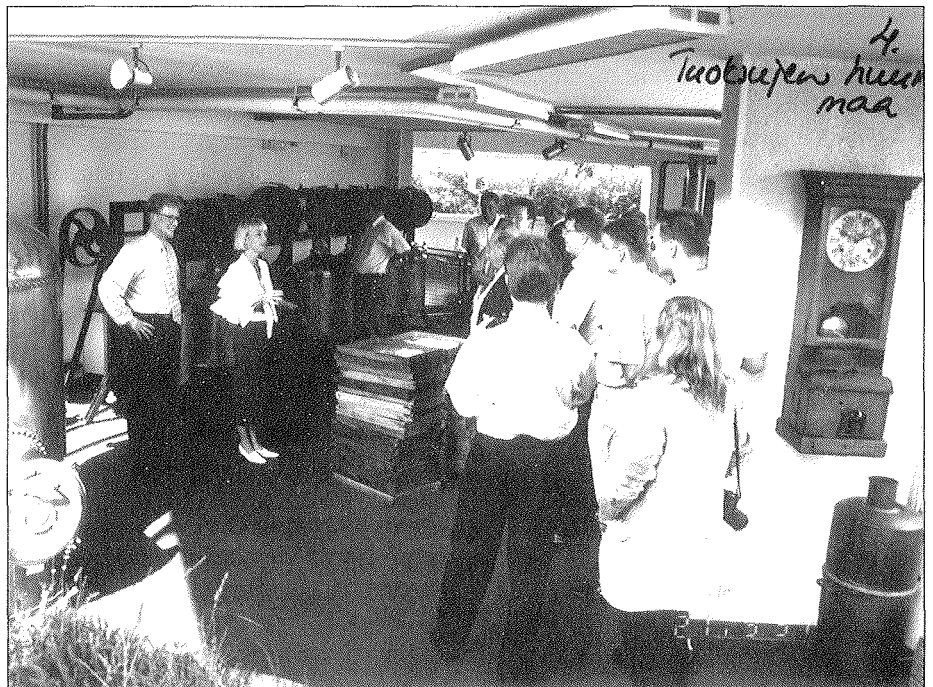
Aloitimme Välimeren rannalta Nizzasta. Välimeri oli vielä varsin uimakelpoinen, 24 astetta, ja sää aurinkoinen, tottakai. Varsinaisen ekskursion-ohjelman aloitimme Ranskan puolella vieraillemalla sunnuntaina Parfumerie Galimardissa, Grassen pikkukaupungissa. Parfyymitehdas tehtaanyymälöineen oli ainut sikäläinen teollisuudenala, joka suostui ottamaan vieraita vastaan sunnuntaina.

Grassesta jatkoimme matkaa Gorges du Verdonin kautta ja CEA:n Cadarachen tutkimuskeskuksen portin ohitse Avignoniin, jonne saavuimme sunnuntai-iltana.

Ranskassakin painopiste rakentamisesta ylläpitoon

Ranskassa oli vuonna 1996 toiminnassa 59 ydinvoimalaa, joista pääosa painevesilaitoksia. Mukana on kuitenkin myös kaksi hyötöreaktoria: Phenix- ja Superphenix, joilla ATS:n edustajat ovat vierailleet aiemmillä ekskursionilla. Ranskan sähköstä 82 % tuotettiin ydinvoimalla vuonna 1996. Vesivoiman osuus oli 13 % ja fossiilisten polttoaineiden 5 %. Rakenteilla oli tuolloin 3 voimalaitosta. Vanhoja käytöstä poistettuja pieniä kaasujäähdytteisiä voimalaitoksia Ranskassa oli 11.

Ranskan nykyisten voimaloiden ketju alkoi Fessenheim 1 -laitoksesta, joka valmistui vuonna 1977, eli samaan aikaan kuin Loviisa 1. Ranskassa voima-



Retkelläiset parfyymitehtaassa; toivottavasti pojat muistivat tuliaiset!

loita otettiin käyttöön vuodesta 1980 vuoteen 1987 asti vauhdilla 7, 8, 2, 4, 6, 4, 6, 4 voimalaa vuodessa. Tämän jälkeen tahti hidastui selvästi Ranskan saavuttaessa tavoittelemansa ydinvoimakapasiteetin. Ranska on siirtynyt voimaloiden rakennusvaiheesta olemassa olevien voimaloiden ylläpitoon. Voimaloiden valmistumisajan perusteella voidaan olettaa pääosan olevan käytössä vielä omien laitostemme jälkeenkin.

Yleinen mielipide Ranskassa on suhteellisen myönteinen ydinvoimalle.

Ydinvoiman suurin positiivinen argumentti on riippumattomuus muista maista ja niiden energialähteistä ja -politiikasta. Myös vierailumme aikana tuli useaan kertaan mainituksi Ranskan nykyisen ydinvoimaohjelman alkusysäys eli vuoden 1974 öljykriisi. Ranskalainen riippumattomuus tulee esiin myös polttoaineen jälleenkäsittelyssä. Sikäläinen näkemys pohjautuu jälleenkäsittelyyn ja suomalainen linja jätteiden loppusijoituksineen saa aikaan kommentin: "Teidän hautaatte puhdasta rahaa maahan". Tämä "ranskalainen kissa" nostettiin

pöydälle useita kertoja vierailun kuluessa erityisesti lounaskeskusteluissa. Jälleenkäsittelyä esiteltiin hyvin yksityiskohtaisesti, mutta loppusijoituksen osalta linja tuntui olevan enemmän odottava.

Tekniikkaa ja viiniä, ekskursiomestari Pullinen

Maanantain ensimmäinen vierailukohde olivat COGEMAn laitokset Marcoulessa. Laitosten nykyinen aktiviteetti kohdistuu pääasiassa kaasujäähdytteisten vanhojen ranskalaisreaktorien käytetyn polttoaineen jälki- ja jälleenkäsittelyyn. Isäntiemme mukaan tehtävä on loppuun suoritettu lähimmän vuoden, parin kuluessa. Olikin ymmärrettävää, että sinänsä mittavan toiminnan perusteellinen esittely oli varsin innotonta, kuten on usein laita alasajettavan aktiiviteetin osalta.

Iltapäivällä oli vuorossa tutustuminen ydinpolttoaineen kiertoon liittyvään tutkimukseen ja tuotekehittelyyn CEA:n tutkimuskeskuksessa Rhonen laaksossa. Tiistaina aamupäivällä vierailimme Pierrelatten polttoainetehtaalla Tricastinissa. Vierailu oli mielestäni Ranskan osuuden paras. Isännät olivat innostuneita esittelemästään ja vierailuumme ja kohteiden yksityiskohtaiseen esittelyyn oli paneuduttu kaikella sillä perusteellisudella, jota asiantuntijajoukon vierailulta voidaan odottaa.

Iltapäivän vierailu Tricastinin voimalaitoksella oli aamupäivän täydellinen vastakohta. Kyseessä oli ystävällisistä oppaista huolimatta varsin tavanomainen "marttakerhon" läpijuoksu voimalaitoksella, eikä vierailukeskuksessakaan ollut mitään uusia innovaatioita.

Ranskan osuuden päätti keskiviikkona vierailu CEAn tutkimuskeskuksessa



Grenoblessa tutustumassa vakavien reaktorionnettomuuksien tutkimukseen. Vierailun järjestelyn ja kohteiden esittelyn osalta yllettiin CEAlla mielestäni lähelle Pierrelatten tasoa.

Nimi Tricastin lienee tuttu useille edullisen punaviinin ystäville. Lähialueilta löytyy muitakin vastaavia edullisesta punaviinistään tunnettuja paikkakuntia. Kronkelimmatkin tuntevat hyvin Avignonin lähetyvillä sijaitsevan Chateau-neuf du Papen alueen, jonka Chateau des Vieilles Roches -tilalla vierailimme eräänä ekskursiomme iltana. Avignonin lähetyvillä Rhonen laaksossa viininviljelys ja ydinvoima näyttävät viihtyvän sulassa sovussa roomalaisajan raunioilla, eikä ydinvoimatuotannon läheisyys — toisin kuin ranskalaisten muutaman vuoden takaiset ydinasekokeet — ole johtanut mihinkään ranskalaisten viinien boikottiin.

Ranskan seuralla jo todellinen historia

Ranskan Atomiteknillinen Seura (Societe Francaise d'Energie Nucleaire, SFEN) on perustettu jo vuonna 1901. Nykyisin sillä on noin 5 000 jäsentä, joista noin neljännes ei ole missään tekemisissä ydinvoimaan liittyvän tutkimuksen tai ydinvoiman tuoton kanssa.

Emme retkeilleet Pariisissa emmekä Lyonissa, joten virallista tapaamista seuran edustajien kanssa ei järjestynyt. Vierailuiden yhteydessä tapasimme kuitenkin useita SFENin edustajia. Pierre Chometon, jonka useat tuntenevat parhaiten Young Generation -toimintaan liittyvistä aktiviteeteista, oli esimerkiksi auttanut SFENin edustajana ekskursiosuhteeriämme vierailukohteiden järjestämisessä Ranskassa.

CERN – Ranskaa vai Sveitsiä?

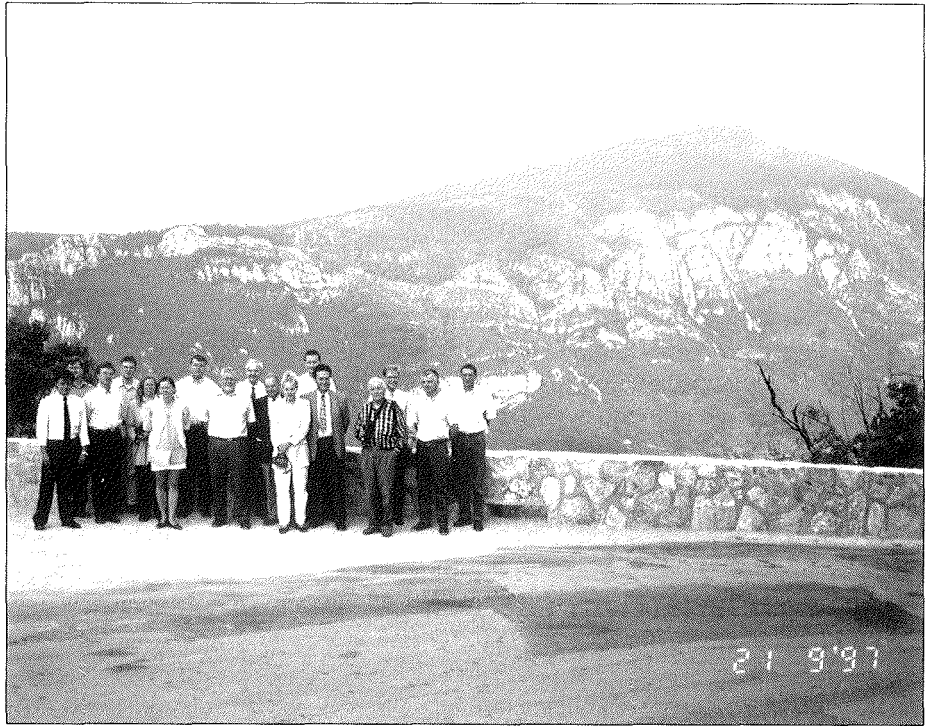
Keskiviikkoiltapäivänä siirryimme virallisesti Sveitsin puolelle tutustumaan CERNin tutkimuskeskukseen. CERN sijaitsee kuitenkin aivan Sveitsin ja Ranskan rajalla. Saadaksemme käsityksen LEP-kiihdyttimen radan koosta seurasimme bussikyydissä pelloille punavalkoisin kepein merkittyä rataa (itse kiihdytinhän on noin 100 metrin syvyydessä maan alla) ja ylitimme useita kertoja Sveitsin ja Ranskan rajan. Kiitos CERNin suomalaisen siirtokunnan, suurin osa CERNin toiminnan esittelystä tapahtui suomeksi.

Sveitsissä on toiminnassa 5 ydinvoimalaa, jotka tuottavat 40 % maan sähkötarpeesta. Loput 60 % tuotetaan vesivoimalla. Uusia ydinvoimaloita ei maahan ole rakenteilla. Yleinen ilmapiiri ydinvoiman suhteen on Sveitsissä selvästi Ranskaa kriittisempi. Kuitenkin voimalat tuottavat merkittävän osan maan sähkötarpeesta, eikä voimaloiden sulkeminen lähitulevaisuudessa ole tiettävästi tapetilla.

Voimaloiden tehonkorotus näyttää olevan visaisempaa kuin Suomessa, ja Saksan tapaan enemmän asianomaisen ministerin poliittisesta kannasta kuin asiantuntijalausunnoista riippuvaa. Oma osansa on myös Sveitsin perinteisellä varsin voimakkaalla ja itsenäisellä paikallishallinnolla. Mittavasta jätteiden loppusijoitustutkimuksesta huolimatta tunnutaan Sveitsissä loppusijoituksen osalta oltavan varsin odottavalla kannalla.

Grimselin vuoresta mahtavaan vierailukeskukseen

Sveitsin puolella ensimmäinen tutustumiskohteemme oli torstaina NAGRAn kalliolaboratorio Grimselissä. Saimme kattavan ja varsin yksityiskohtaisen kuvan Grimselissä harjoitettavasta jätteiden loppusijoitukseen liittyvästä kallioperän tutkimuksesta. Koko tutkimuslaitos, toimistotilat mukaanlukien, sijaitsee vuoren sisällä. Matkalla tutkimuslaitokselle näimme myös mittavia Alppien väliin rakenteilla olevia patoja, jotka ainakin allekirjoittaneesta vaikutti-



Ryhmämme Gorges du Verdonissa.

vat ympäristön kannalta kyseenalaiselta tavata lisäsähkön tuottamiseksi.

Perjantaina tutustuimme aluksi PSIn tutkimuskeskukseen Villingenissä. Tutkimuskeskuksen kattavasta esittelystä itselleni jäivät mieleen päällimmäisiksi edustavat kuumakammiotilat ja reaktorisuojarakennusta kuvaava PANDA-koelaitteisto.

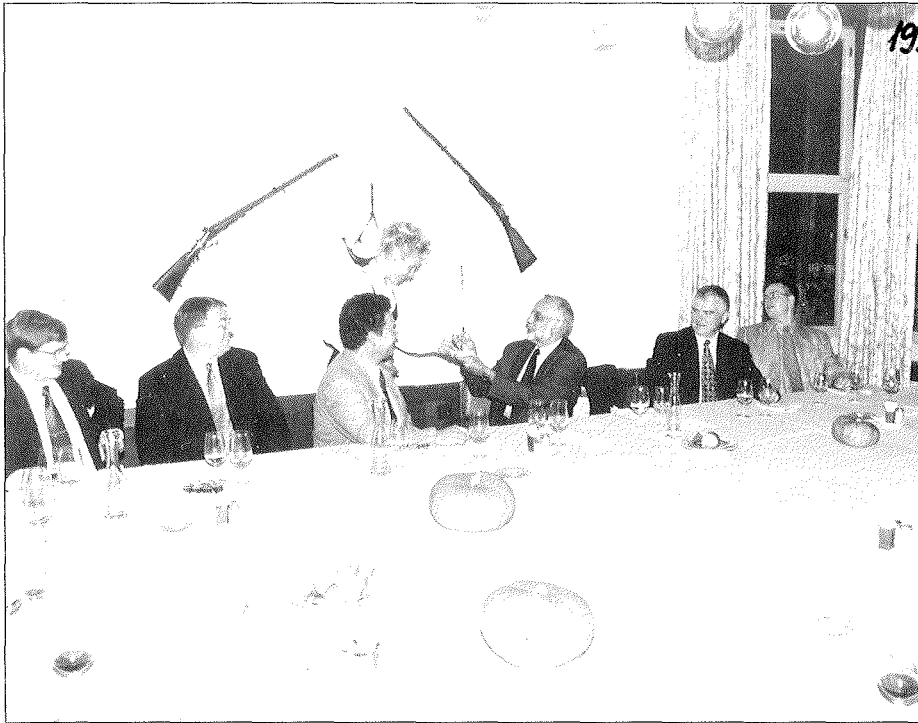
Retkemme viimeisenä virallisena kohteena, ja samalla mielestäni retken huipentumana, oli vierailu Leibstadin BWR-voimalaitoksella. Voimalan uusi vierailukeskus oli selkeydessään ja havainnollisuudessaan paras missään näkemäni. Vierailu käynnissäolevan voimalaitoksen jäähdytystornin sisälle oli useimmille matkalaisille aivan uusi ja eksoottinen kokemus. Myös itse voimalaitoskierros oli kattava ja mielenkiintoinen. Voimalaitoskierrokseen liittyi rouvien osalta myös sveitsiläinen kuriositeetti: kierros edellytti täydellistä vaatteiden vaihtoa alusvaatteita myöten, mutta tietenkään laitoksen varusteisiin ei kuulunut naisten alusvaatteita. Siispä turvallisuusmääräysten mukaiset herrainkalsarit jalkaan ja menoksi!

Sveitsin Ydinteknisen Seuran puheenjohtajan ja kolme muuta seuran edustajaa tapasimme illallisella Zürichissä.

Sveitsin seura on ATS:ää pienempi ja pelkästään ydinvoiman tuotannon ja tutkimuksen kanssa tekemisissä oleviin rajoittunut, toisin kuin esimerkiksi SFEN tai ATS. Naisia on Sveitsin seurassa kuulemma vain muutama. Aihe tuli esiin illallisella pöytänaapurini ihmetellessä delegaatiomme naisten "suurta" määrää (neljä eli melkein 25 %). Illallisella tarjolla oli perinteistä sveitsiläistä ruokaa perinteisellä, kirjoittajalle aiemmin tuntemattomalla, tavalla: kun sait lautasesi tyhjäksi, tuotiin uusi samaa lajia, sen jälkeen kolmas, ja jos sen vielä sait syödyksi, neljäskin.

Siis keitä olimme ja mitä opimme?

Meidät otettiin asiallisesti ja ystävällisesti vastaan kaikissa vierailukohteissa. Tekniseltä kannalta vierailun kaikissa Sveitsin puolen kohteissa isäntien paneutuminen asiaan oli vähintään sataprosenttinen: esiteltiin hyvin, kattavasti ja asiantuntevasti sekä tutkimusta että voimalaitosta. Ranskan puolelta samaan yllettiin mielestäni vain Pierrelatten polttoainetehtaalla ja lähelle tätä CEAlla Grenoblessa. Muuten tutkimuksen esittely oli yliolkaisempaa, vaikka kaikissa kohteissa isännät olivat erittäin ystävällisiä.



Ikimuistoinen illallinen Sveitsin Seuran kanssa ja juhlallinen viirin ojennus.

Kenties osasyynä eroihin sveitsiläisen perusteellisuuden ohella oli väkilukujen ja megawattien matematiikka, jossa Suomi ja Sveitsi ovat huomattavasti lähempänä toisiaan kuin itseriittoinen Ranska. Oma lukunsa oli tietysti CERN, jossa isäntänämme oli suomalainen Markus Nordberg. Harvoin tapaa yhtä aidosti omasta alastaan innostunutta kiihdyttimen päällä suorastaan hyppivää pukuun ja kravattiin sonnustautunutta opasta.

Opintomatka oli kaikenkaikkiaan onnistunut ja erittäin tiivistähtinen. Joukkomme oli pieni, mutta varsin heterogeeninen. Ikäjakama vastavalmistuneista eläkeläisiin ja maantieteellinen jakautumakin kattoi pääkaupunkiseudun lisäksi niin Loviisan, Olkiluodon kuin Lappeenrannankin. Taustammekin oli varsin vaihteleva: ABB, IVO, LTKK, Siemens, STUK, TVO ja VTT.

Jokaisella matkalaisella on tietenkin oma käsityksensä matkan onnistumisesta ja kohteiden kuten myös matkaseuran kiinnostavuudesta. Omasta mielestäni muodostimme — ehkä juuri tuosta heterogeenisuudestamme johtuen — hilpeän joukon, jossa ketään ei koskaan tarvinnut odottaa eikä etsiä. Silti, kiitos bussinkuljettajamme välimerellisen suunnistustaidon, olimme melkein aina

ainakin hieman myöhässä. Matkalta jäi tuliaisiksi vino pino esitteitä, kokonainen kansallinen virallisen valokuvajamme Jaana Virtasen ottamia kuvia, ja tietenkin Olavi Vapaavuoren mainio matkavideo.

Matkalla seurueemme illallisti yhdessä melkein joka ilta. Tätä kirjoitettaessa olemme jo ehtineet viettää ekskursioon kuuluvat kaatajaisetkin asiaankuuluvasti Olkiluodossa ja Raumalla. Ja lopuksi lyhyt yhteenveto: Matkailu rikastuttaa, mutta vain henkisesti, sen huomaa luottokorttilaskuja tarkastellessa.

TkL **Eija Karita Puska** on VTT Energian erikoistutkija ja tämän lehden erikoistoimittaja, p. (09) 456 5036; E-mail: Eija-Karita.Puska@vtt.fi

ATS-ekskursio 1997 Ranskaan ja Sveitsiin

Osallistujat

Kalle Bergius, Imatran Voima Oy
Kalevi Frisk, Teollisuuden Voima Oy
Tom Gustafsson,
IVO Power Engineering Oy
Magnus Hanses
Harriet Kallio,
IVO Power Engineering
Satu Katajala, Loviisan voimalaitos
Erkki Korri, Teollisuuden Voima Oy
Pekka Nurmilaukas,
IVO Power Engineering Oy
Jaakko Pullinen,
IVO Power Engineering Oy
Eija Karita Puska, VTT Energia
Veli Riihiluoma, Säteilyturvakeskus
Pertti Räsänen, Loviisan voimalaitos
Jaakko Toppila, Siemens osakeyhtiö
Olavi Vapaavuori
Juhani Vihavainen, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu
Jaana Virtanen, Teollisuuden Voima Oy
Seppo Vuori, VTT Energia

Matka-aikataulu

- 20.9. Lento Helsinki-Nizza
- 21.9. Siirtyminen Avignoniin
Tehdaskierros
Parfumerie Galimard
Yöpyminen: Avignon
- 22.9. Marcoule COGEMA ja
CEA:n tutkimuskeskukset
Yöpyminen: Avignon
- 23.9. Pierrelatte ja Tricastin
Yöpyminen: Grenoble
- 24.9. CEA Grenoble ja CERN
Yöpyminen: Interlaken
(Sveitsi)
- 25.9. NAGRA ja illallinen Sveitsin
ydinvoimaseura SNS:n kanssa
Yöpyminen: Zürich
- 26.9. PSI ja Leibstadtin voimalaitos
Yöpyminen: Zürich
- 27.9. Vapaata ja lento kotiin

COGEMA-MARCOULESSA RANSKAN ENSIMMÄISET REAKTORIT

Ensimmäinen virallinen Ranska-Sveitsi ekskursionne vierailukohde oli COGEMA Marcoulessa. Nykyisin laitosten toiminta kohdistuu pääasiallisesti kaasujäähdytteisten reaktorien käytetyn polttoaineen jälki- ja jälleenkäsittelyyn. Marcoulessa vierailimme MAR 400 -polttoaineen vastaanottolaitoksella sekä polttoainejätteen lasituslaitoksella.



COGEMA Marcoulessa on Avignonista noin puolen tunnin ajomatkan päässä. Saavuttuamme alueen portille kamerat ja passit kerättiin pois. Tilalle saimme kulkuluvan ja etenimme vierailukeskukseen, jossa vierailun isäntinä oli paikalla vierailutoimiston päällikkö Joël Boher sekä jätteen lasituslaitoksen päällikkö Jean-Pierre Mistral. Englannin kielen taitoonsa luottamattomat isännät olivat palkanneet meitä varten tulkiksi lähistöllä asuvan amerikkalaisen Daniel Hobartin, joten kielivaikeuksia ei juuri tullut.

Nykyinen toiminta keskittyy jälleenkäsittelyyn

Saimme aluksi kuulla PR-toimen päälliköltä yleiskatsauksen COGEMA:n historiasta. Marcoule on ensimmäinen paikka Ranskassa, jossa ydinreaktori otettiin käyttöön vuonna 1955.

Alueen ensimmäiset laitokset olivat luonnonuraanilla toimivia kaasujäähdytteisiä reaktoreita (G1, G2 ja G3), jotka oli pääasiallisesti suunniteltu pommien valmistuksessa tarvittavan plutoniumin

ja tritiumin tuotantoon. Tätänykyä laitokset on jo poistettu käytöstä.

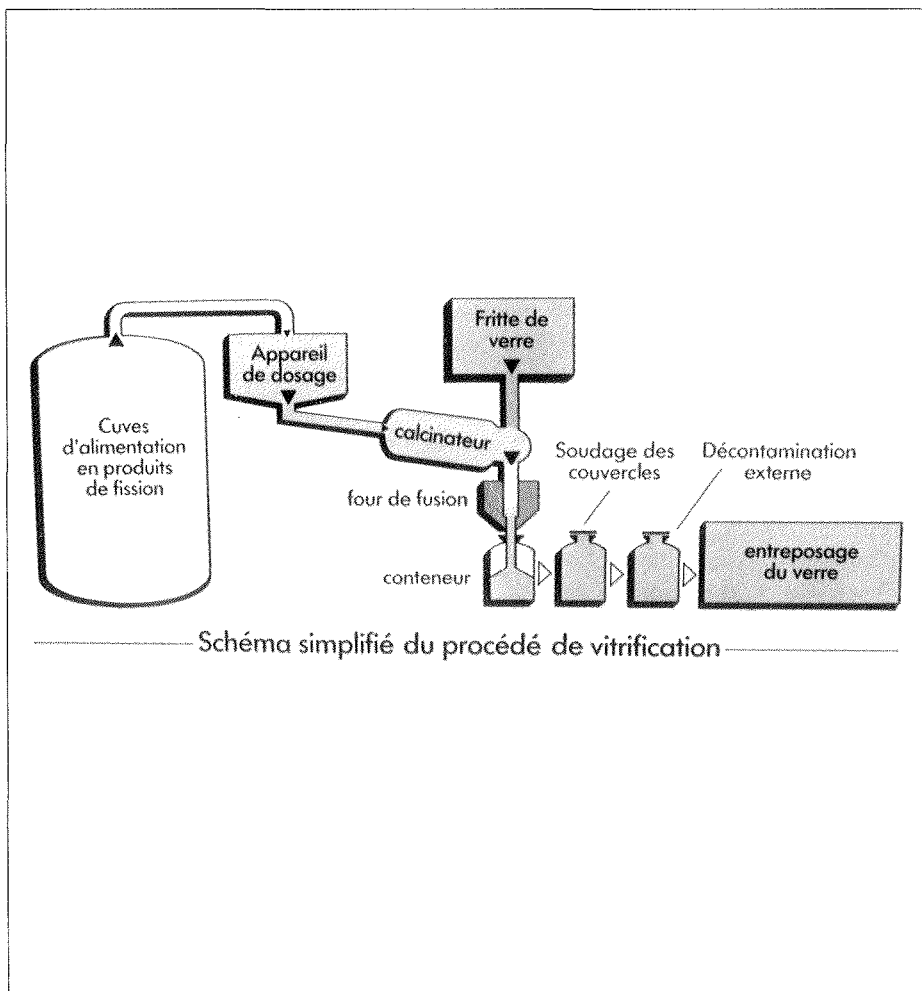
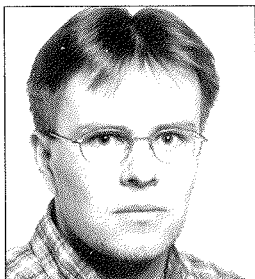
COGEMA on suurimmalta osaltaan yksityisessä omistuksessa oleva teollisuusryhmä, joka on perustettu vuonna 1976. Tuolloin COGEMA eriyttiin valtiollisesta CEA:sta (Commissariat à l'Énergie Atomique eli Ranskan Atomienergiakomissio) omaksi yhtiökseen. COGEMA pitää itseään maailman ainoana yrityksenä, joka teollisesti ja kaupallisesti on mukana jokaisessa ydinpolttoainekierron portaassa uraanin louhinnasta sähköntuotantoon ja aina ydinjätteen käsittelyyn saakka.

Nykyisin COGEMA-Marcoulen toiminta kohdistuu pääasiallisesti kaasujäähdytteisten reaktorien käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyyn, joka pitää sisällään edelleen säteilytetystä ydinpolttoaineesta energiantuotantoon soveltuvien materiaalien (uraani ja plutonium) erottelun fission tuotteista. Käytetystä polttoaineesta noin 3 % on fission tuotteita, jotka sisältävät lähestulkoon kaiken polttoaineen radioaktiivisuudesta. Uraani ja plutonium kierrätetään uusien polttoaine-elementtien valmistamiseksi,

joita siten palautuvat polttoainekierto takaisin.

Marcoulen alueella toimii myös CEA:n tutkimuskeskus sekä nopean hyötöreaktorin prototyyppi Phenix. Käytössä on myös vielä kaksi raskasvesijäähdytteistä luonnonuraanireaktoria Celestin 1 ja 2. COGEMA:n koko 18 000 työntekijästä yli 4 000 työskentelee Marcoulessa, joten se on merkittävä työllistäjä Languedoc-Roussillonin alueella.

Vuodesta 1995 lähtien on alueella toiminut myös yhtiö nimeltään MELOX (COGEMA:n ja FRAMATOME:n tytäryhtiö), joka valmistaa uraani-plutonium-oksidi sekoitepolttoainetta kevytvesireaktorien käyttöön.



Kaaviokuva lasitusprosessista.

Käytetyn polttoaineen käsittely alkaa MAR 400:ssa

Esittelyä tukeneen filmiesityksen jälkeen siirryimme varsinaisiin vierailukohteisiin. Ensimmäinen vuorossa MAR 400, joka on ensimmäinen piste käytetyn polttoaineen vastaanotossa. Myös tässä kohteessa saimme ensialkuun nähdä filmiesityksen laitoksen toiminnasta.

Polttoaine saapuu laitokselle kuution muotoisessa kuljetuskontissa, joiden avaamisen jälkeen polttoaine-elementit

siirretään jäädytysaltaisiin. Altaita on kaksi ja ne ovat tilavuudeltaan 1600 m³. Altaat sisältävät 400 tonnia polttoaine-elementtejä, joita säilytetään altaissa kuudesta kuukaudesta kahteen vuoteen. Laitoksessa elementit kuoritaan mekaanisesti suojakuorimateriaaleistaan.

Laitos pystyy käsittelemään kolmea geometrialtaan erityyppistä polttoaine-elementtiä, kaikki kuitenkin kaasujäähdytteisissä reaktoreissa (GCR) käytettyjä elementtityyppejä. Kutakin tyyppiä varten on oma käsittelylinjansa. Ele-

mentit olivat suomalaisittain tarkastellen varsin eksoottisia, noin puolen metrin pituisia ja halkaisijaltaan 5–10 cm pötköjä. Bugeyn GCR-reaktorista tulevat elementit ovat suurimpia, neljällä jäähdytysrivillä varustettuja putkiloita, joissa varsinainen polttoaine on magnesiumkuoren sisällä.

Kuorimateriaalin poistamiseksi kokonaan tarvittiin lisäksi kemiallista käsittelyä. Saint-Laurentin tyyppissä, jota myös on käytetty espanjalaisessa Vandelloxin laitoksessa, elementin keskiosa oli grafiittia, joka poistettiin korkeapaineisella vesisuihkulla (800 bar). Chinon tyyppinen (jo käytöstä poistetut kolme laitosta) elementti oli taas käärretty grafiitti-vaippaan.

Erottelen tuloksena syntynyt magnesium- ja grafiittijäte varastoidaan erillisiin siiloihin. Mekaanisen käsittelyn jälkeen polttoaine siirretään kemialliseen erotteluun UP1 -laitokselle, jonne ei ollut pääsyä. MAR 400 -laitoksen toiminta on parhaillaan loppumassa.

Erotettu jäte lasitetaan AVM:llä

Seuraavaksi siirryimme katsomaan filmiesitystä polttoainejätteen lasituslaitokselle (AVM, l'Atelier de Vitriification de Marcoule). Laitoksen tehtävänä on lasittaa polttoaineen jälleenkäsittelyn yhteydessä erotettava korkea-aktiivinen jäte ja varastoida se odottamaan loppusijoitusta. Tuotantomielessä lasituslaitos on ollut käytössä vuodesta 1978. Menetelmä fissiojätteiden ja lasin yhdistämiseksi on kehitetty CEA:lla Marcoulessa.

Prosessi on kutakuinkin seuraavanlainen: kemiallisen erottelun jälkeen UP1-laitoksella fissiojäte siirretään liuosmuodossa maanalaista kanavaa pitkin lasituslaitokselle. Liuos johdetaan vaakasuoraan kalsinointirumpuun, jossa vallitsevassa 800 °C lämpötilassa liuos oksidoituu sopivien reagenssien myötävaikutuksella, jolloin rummusta ulos tuleva aine rakeutuu. Tämä "kalsinaatti" johdetaan kuumennusuuniin, johon syötetään boorilasimurskaa. Uunissa seos kuumentuu 1 100 °C:een. Tämä uusi lasimassa lasketaan terässäiliöihin, jotka sitten hitsataan kiinni ja dekontaminoidaan ulkoapäin. Jähmettyessään seos muodostaa stabiilin matriisin, joka sitoo fissiotuotteet.

Noin 10 tunnin jäähtymisen jälkeen säiliö voidaan siirtää viereiseen halliin lattianalaisiin siiloihin varastoitavaksi odottamaan loppusijoitusta. Kuhunkin siiloon mahtuu 10 kanisteria päällekkäin. Siilojen kannet on merkitty keltaisella ja punaisella sen mukaan, minkälaisia jätettä siiloihin on varastoitu. Vihreällä värillä on merkitty tyhjiä siiloja. Siiloja jäädytetään jatkuvasti ilmavirralla jälkilämmön poistamiseksi. Jäädytystarve on noin 1 MW. Syyskuun 1. päivään mennessä laitos oli käsitellyt 2 674 säiliöllistä lasitettua jätettä. Prosessi on täysin kauko-ohjattu, eikä varsinaisessa käsittelyhuoneessa ole käynyt kukaan käyttöönoton jälkeen.

Menetelmää käytetään myös La Hagen jälleenkäsittelylaitoksessa Bretagnessa, jossa kaikki Ranskan kevytvesireaktoreiden ydinpolttoaine käsitellään. La Hague käsittelee myös ulkomailta tulevaa polttoainetta, mm. Sveitsi ja Japani käyttävät La Hagen palveluita.

DI Erkki Korri on Teollisuuden Voima Oy:n voimalaitosinsinööri, p. (02) 8381 4216; E-mail: erkki.korri@tvo.tvo.elisa.fi

DI Juhani Vihavainen on tutkijana Lappeenrannan Teknillinen Korkeakoulun Energiatekniikan osastolla, p. (05) 621 2660; E-mail: juhani.vihavainen@lut.fi

Pekka Nurmilaukas

CEA:N TUTKIMUSKESKUKSET RHONEN LAAKSOSSA

CEA harjoittaa Rhonen laakson alueella ydinpolttoaineen kiertoon liittyvää tutkimusta ja tuotekehittelyä. Toiminta painottuu rikastus- ja jälleenkäsittelymenetelmien tutkimukseen sekä jäteteknologiaan.

CEA on Ranskan valtion tutkimuslaitos, joka on perustettu vuonna 1945. Se osallistuu yhdessä muiden organisaatioiden kanssa atomienergiaan liittyvään tutkimukseen ja teollisuuteen, terveys- ja ympäristövaikutusten arviointiin sekä sotilaalliseen tutkimukseen. Lisäksi sen tehtävänä on osallistua rajoitetusti mm. fysiikan perustutkimukseen, ei-ydintekniseen tutkimukseen, teknologian siirtoon teollisuudelle, koulutukseen ja tietotaidon siirtoon. CEA:lla on yksitoista tutkimuskeskusta eri puolilla Ranskaa ja työntekijöitä noin 17 000.

CEA:n Marcoulen ja Pierrelatten tutkimuskeskukset Rhonen laaksossa (CEA/VALRHO) muodostavat oman yksikönsä. Yhteensä näissä on työntekijöitä 1 300 ja budjetti on noin 1,6 miljardia frangia.

Marcoulen ja Pierrelatten yksikkö perustettiin 1950-luvulla. Se harjoittaa pääasiassa tutkimusta ja tuotekehittelyä. Teollisesta toiminnasta ja tutkimustulosten kaupallistamisesta huolehtii COGEMA, CEAn tytäryhtiö, joka toimii läheisessä yhteistyössä CEA:n kanssa ja sijaitsee samoilla laitosalueilla.

CEA/VALRHO:n toiminta painottuu polttoaineen kiertoa koskevaan T&K:een. Tärkeimmät alueet ovat uraanin rikastaminen ja jälleenkäsittely. Lisäksi tutkimuskohteisiin kuuluu jätteen aktiivisuuden ja tilavuuden vähentäminen sekä käsittelyn optimointi. Myös erityisesti CEA:n omistamien ydinlaitteistojen puhdistukseen ja purkuun osallistutaan.

Kehitteillä laseriin perustuva rikastusmenetelmä

Maailman uraanirikastusmarkkinoilla on huomattavan suuri ja pysyvä ylikapasiteetti. Kaksi kolmasosaa tuotannosta perustuu kaasumaisen diffuusion käyttöön, loppu tuotetaan ultrasentrifugaation avulla. Ranskalaiset arvioivat, että vuosien 2005–2010 tienoilla joudutaan ikääntymisen takia sulkemaan lukuisia rikastuslaitoksia.

CEA onkin alkanut kehittää uutta laserin käyttöön perustuvaa rikastusmenetelmää. Tässä SILVA-prosessissa kaasumaisesta uraanista ionisoidaan U-235-isotoopit, jotka sen jälkeen voidaan erottaa sähkökentän avulla. Tavoitteena on alentaa rikastuksen kustannuksia alle puoleen nykyisestä.

Käytetystä polttoaineesta 97 % voidaan erottaa ja käyttää uudelleen polttoaineen valmistukseen. Tämä osuus on pääasiassa vähän rikastunutta uraania ja hiukan plutoniumia. Loppu 3 % on fissiotuotteita ja aktinideja. CEA on kehittänyt jälleenkäsittelymenetelmän, jota käytetään COGEMAn La Hagen ja Marcoulen jälleenkäsittelylaitoksilla. Se voidaan jakaa kolmeen osaan: polttoaine-elementtien purkamisen, kierrätettävien osien eli uraanin ja plutoniumin sekä fissiotuotteiden erottaminen ja prosessin lopputuotteiden käsittely.



SPINillä vähentämään jätteen määrää

CEAn jälleenkäsittelyn tutkimusohjelma SPIN tutkii erotusprosessin tehostamista ja keskiaktiivisen jätteen määrän vähentämistä. Jälkimmäiseen voidaan vaikuttaa mm. parantamalla neptuniumin erotusastetta. Nämä parannukset ovat teknisesti ja kaupallisesti sovellettavissa olemassa olevissa laitoksissa muutaman vuoden kuluttua. Lisäksi tutkitaan pitkäikäisten fissiotuotteiden ja aktinidien perusteellisempaa erottamista ja niiden muuttamista lyhytikäisemmiksi transmutaatioprosessien avulla joko erityisesti tätä varten rakennetuissa reaktoreissa tai hiukkaskiihdyttimissä. Erityisesti keskitytään neptuniumin, amerikummin ja curiumin erotukseen. Tekniikan oletetaan olevan teollisessa käytössä noin vuonna 2010.

Esimerkki SPIN-ohjelman tuloksista: sen jätteen määrä, jota ei voida pysyvästi varastoida maan pinnalle, vähenee nykyisestä 1 365 litrasta 465 litraan uraanitonnia kohti.

CEA tutkii nestemäisen jätteen käsittelyä. Lähinnä kiinnostuksen kohteena on joidenkin liuottimien käyttö aktinidien ja eräiden pitkäikäisten fissiotuotteiden valikoivaan erotukseen. Koska nämä liuottimet ovat kalliita, niitä käytetään yhdessä kalvotekniikan kanssa. Uraanin rikastuksessa saatua epäorgaanisten kalvojen tuntemusta käytetään hyväksi kehitettäessä ultra- ja nanosuodatuksen perustuvaa nestemäisen jätteen puhdistustekniikkaa. Tällöin apuaineita ei juurikaan tarvita.

CEA on kehittänyt menetelmän jätteen saattamiseksi loppusijoitettavaan muotoon. Jäte sekoitetaan sulaan lasiin ja annetaan jäähtyä. Näin korkea-aktiivinen ja pitkäikäinen jäte saadaan muunnettua kemiallisesti ja mekaanisesti erittäin stabiiliin ja kestäväan muotoon.

CEA-GRENOBLESSA OTETAAN ONNETTOMUUDET VAKAVASTI

Vierailuohjelmamme Ranskan osuuden päätti tutustuminen vakavien reaktorionnettomuuksien tutkimukseen CEA:n tutkimuskeskuksessa Grenoblessa.

Aluksi J.-M. Seiler esitteli yleisesti Ranskassa tehtävää vakavien onnettomuuksien tutkimusta. Alueellisesti PWR-tyyppisten reaktorien vakavien onnettomuuksien tutkimuksesta pääosa sijoittuu Grenobleen. Suuren mittakaavan kokeet oikeilla materiaaleilla, kuten esim. Coriumin leviämiskokeet (VULCANO) tehdään Cadarachessa. Saclayssa puolestaan keskitytään reaktoriastian teräksen ominaisuuksiin korkeissa lämpötiloissa.

Grenoblessa tehtävä tutkimus käsittää sekä kokeita että laskuja eri tietokoneohjelmin. Näistä muodostuu ranskalaiseen tapaan melkoinen nimiviidakko. Sydämen paljastumista, kuumenemistä, sulamista, fissiotuotteiden vapautumista, sydänsulan käyttäytymistä sydämen alatilassa sekä primääripiirin termohydraulista käyttäytymistä tutkitaan VULCAIN tietokoneohjelmalla.

Höyryräjähdyskiä tutkitaan BILLEAU-koelaitteistolla ja tuloksia käytetään MC3D-tietokoneohjelman kehityksessä. Höyryräjähdyskiä tutkitaan myös DETHER ja ANAIS -projekteissa. Sydänsula-altaan käyttäytymistä tutkitaan BALI-kokein ja TOLBIAC-tietokoneohjelmalla. Reaktoriastian jäädytettävyyttä tutkitaan SULTAN-kokein ja CATHARE-tietokoneohjelmalla.

Tällä hetkellä tutkimus on suunnattu itse lasitusprosessista tulevan teknologisen jätteen vähentämiseen sekä lasitusmetallin laajentamiseen kaikkien jätteiden ja erityisesti keskiaktiivisten jätteiden käsittelyyn. Tämä vaatii laitteiston laadun parantamista ja eliniän pidentämistä sekä kapasiteetin suurentamista.

CEA/VALRHO tutkii myös Marcoulén alueella olevan PHENIX-reaktorin avulla nopeita reaktoreita. CAPRA-

Sydänsulan leviämistä tutkitaan CORINE-kokein ja THEMA-tietokoneohjelmalla, sekä amerikkalaisella MELTSPREAD-ohjelmalla. Sydänsulan jäädytettävyydestä on kehitetty PERCOLA-malli, joka on tarkoitus validoida kansainvälisten MACE-kokeiden tulosten perusteella. Sydänsieppareiden (core-catcher) ominaisuuksia selvitetään SULTAN-kokeiden ja TOLBIAC- ja CATHARE-tietokoneohjelmien avulla. Vedyn käyttäytymistä suojarakennuksessa tutkitaan TRIO 3D-tietokoneohjelmalla ja lämmönsiirtoa suojarakennukseen COPAIN- ja COPPEC-kokein.

Meille esiteltiin yksityiskohtaisemmin ranskalais-saksalaisen EPR (European Pressurized Reactor) sydänsiepparin suunnitteluprojektia (GAREC), höyryräjähdysten tutkimukseen käytettävää BILLEAU-laitteistoa, jota tosin emme päässeet meneillään olevan kokeen vuoksi lähemmin katsomaan ja sydänsulan leviämisen tutkimukseen käytettävää CORINE-laitteistoa, jolla tehdyistä kokeista näimme mielenkiintoisen videon. Laitteistossa ei tietenkään käytetä oikeita materiaaleja vaan "sydänsulana" on käytetty mm. Vesiglyseroli-seoksia ja vismutista ja tinasta tehtyä Cerrotu-nimistä seosta.

*Eija Karita Puska,
VTT Energia*

ohjelmassa keskitytään erityisesti plutoniumin kulutukseen nopeissa reaktoreissa.

DI Pekka Nurmilaukas on IVO Power Engineering Oy:n suunnittelainsinööri, p. (09) 456 5082; E-mail: Pekka.Nurmilaukas@ivo.fi

RHONEN LAAKSON YDINENERGIARYVÄS

Pierrelatten alueelle on keskittynyt osaavia ammattilaisia, tutkimuslaitoksia ja teollisuutta. Tämän yhdistelmän etuna on ainutlaatuinen vuorovaikutus ydintekniikan eri alojen asiantuntijoiden kesken.

Ekskursiomme toisen arkipäivän aloitimme tutustumalla Tricastin Nuclear Complex -alueeseen Pierrelattessa. Aluksi oli informaatio-rakennuksessa alueen kokonaisesitys. Nuclear Complex käsittää yli 600 hehtaarin alueen Rhonen laaksossa Montelimarin ja Avignonin välillä. Työntekijöitä on yli 5 000, ja alueella on sekä tutkimuslaitoksia että teollisuusyrityksiä.

Seuraavat yhtiöt ovat alueella edustettuina: COMURHEX (uraanin konversio), EURODIF (rikastus), COGEMA (mm. uraanin transformaatio ja jälleenkäsittely), EDF (alueen sähköntuotto Tricastinin voimalaitoksella) ja CEA (tutkimus ja kehitys). COMURHEX vastaa vuosittaisella 14 000 uraanitonniin kapasiteetillaan kolmannekselta läntisen maailman UF_6 -tuotannosta. COMURHEXin tuotannosta 50 % viedään ulkomaille, ja mm. TVO on eräs asiakkaista.

Yleisesittelyn jälkeen kiersimme tehtaalla, jossa tutustuimme W- ja TU5-jälleenkäsittelylaitoksiin sekä FBFC-polttoainetehtaaseen.

W-laitoksessa Eurodifin köyhdytettyä uraania (0,25 % U-235) muunnetaan "Defluorination"-prosessissa UF_6 :sta U_3O_8 :ksi, joka on liukenematon ja stabiili uraanioksidi eikä ole syövyttävää kuten UF_6 . U_3O_8 -muodossa voidaan potentiaalisesti arvokasta luonnonvaraa pitkäaikaisvarastoida tulevaisuuden käyttöä varten ympäristöystävällisellä ja turvallisemmalla tavalla kuin Eurodifin ulkovarastossa UF_6 -muodossa.

W-laitos käsittelee vuosittain noin 14 000 tonnia uraania ja tuottaa 16 000 tonnia U_3O_8 :aa sekä 10 000 tonniakorkealaatuista fluorihappoa (HF 70%), joka myydään mm. terästeollisuudelle.

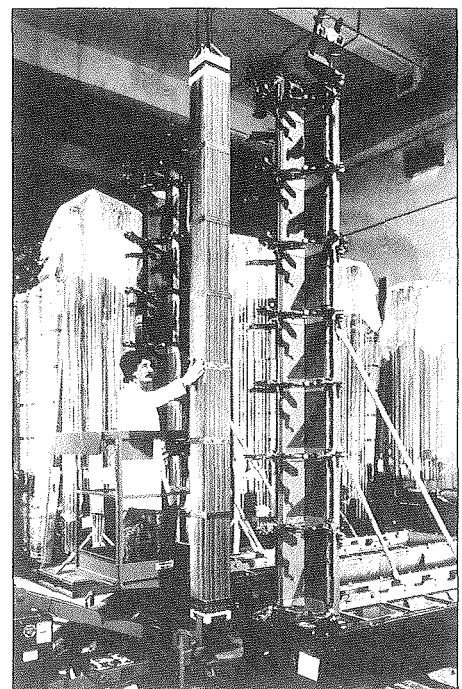
COGEMA Euroopan johtavin HF-tuottaja

TU5-laitos, joka otettiin käyttöön 1996, muuntaa jälleenkäsiteltyä uraaninitraattia $UO_3(NO_3)_2$ uraanioksidiksi U_3O_8 . Sivutuotteena syntyy tällöin HNO_3 . La Hague, joka on maailman johtava kevytvesipolttoaineen jälleenkäsittelylaitos ja jonka vuosikapasiteetti on 1 600 tonnia käytettyä polttoainetta, lähettää uraaninitraattituotantonsa rautateitse TU5-laitokseen Pierrelatten. TU5-laitoksen vuosikapasiteetti on 2 000 tonnia uraaninitraattia.

Molemmat laitokset ovat johtavia maailmassa erikoisuudellaan ja edustanevat viimeistä alan teknologiaa. Laitokset antoivat siistin yleisvaikutelman. Niitä ohjataan yhteisestä valvomosta, joka edustaa modernia tietokonetekniikkaa ja TV-valvontaa. Mahdollisen kemikaalivuodon varalta vieraille jaettiin käynnin ajaksi kannettavat kaasunaamarit.

FBFC merkittävä PWR-polttoainetehtas

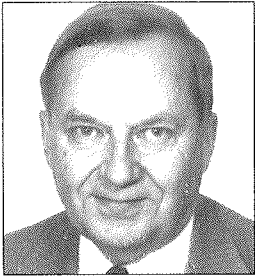
FBFC on ranskalainen yhtiö, jonka omistavat FRAMATOME (51 %) ja COGEMA (49 %). FBFC perustettiin vuonna 1973. Se työllistää 1 480 henkilöä ja on maailman johtavin PWR-



Pierrelatten polttoainetehtas on selvästi aikansa elänyt, jos sitä verrataan esimerkiksi ABB Atomin tehtaaseen.

polttoaineen valmistaja 1 650 tU/vuosi tuotantokapasiteetillaan. Tuotanto on jaettu kolmelle laitokselle seuraavasti: Ranskassa Romans 750 tU/v ja Pierrelatte 400 tU/v sekä Belgiassa Dessel 500 tU/v.

FBFC:llä on 38 %:n markkinaosuus maailman markkinoista. Se on tavallaan itsestään selvää, kun heillä on melkein monopoliasema kotimarkkinoilla, mistä löytyy 56 laitosta ja tehoa yhteensä 56 500 MW.



FRAMATOME vastaa polttoaineen suunnittelusta ja yhtiön teollisesta johtamisesta sekä tuotteiden myymisestä. Myyntiorganisaationa käytetään FRAGEMA-yhtiötä. Tehtaan päätuotteet ovat kaksi polttoainenipputyyppeä, 17x17-12" ja 17x17-14", 900 MW ja 1 300 MW laitoksia varten.

Lyhyen esittelyn jälkeen kahteen ryhmään jakaantuneina kiersimme polttoainenippujen valmistusprosessin eri vaiheet.

Tehdas käyttää niin kutsuttua kuivaa konvertointiprosessia, jonka pulverituote ei sellaisenaan raekoon vuoksi ole sopivaa tablettien valmistukseen. Pulveri esipuristetaan käyttäen Zn-stearatia voiteluaineena ja jotain orgaanista ainetta huokosien muodostajana. Näin saatu tabletti granuloidaan ja vasta sen jälkeen pulveri on kelvoinen tablettien valmistukseen. Konvertointi-uuni on jatkuvasti toiminnassa, minkä vuoksi UF₆-sylinterit on purettava ilman katkoja. Prosessi sallii myös hylkytavaran palautuksen.

Tabletit, halkaisijaltaan 8 mm ja pituudeltaan 12 mm, puristetaan vanhanaikaista tekniikkaa hyväksi käyttäen hydraulipuristimissa. Sen jälkeen seuraa sintraus 1 700 °C lämpötilassa vetykaasuatmosfäärissä ja hionta centerless-hiomakoneessa vesihuuhelulla. Hiomakoneet ovat moderneja.

Sauvan ulkohalkaisija on 9,5 mm. Ylä- ja alatulpat hitsataan joko laserilla tai TIG-hitsausmenetelmällä. Hitsin tarkastus tapahtuu automatisoidulla röntgenlaitteella. Molemmat laitteet ovat huippumoderneja. Sauvatuotantoa seurataan käyttäen viivakoodia, joka on liimattu sauvan pinnalle ja joka luetaan laserilla. Näin ollen sauvoilla ei ole enää mitään identiteettiä nippuasennuksen jälkeen. Panostus tapahtuu vibratekniik-

kaa käyttäen. Kymmenkunta sauvaa täytetään samanaikaisesti.

Viimeisenä valmistusvaiheena on sauvan paineistus 30 barin heliumpaineella ja täyttöreiän umpeen hitsaus. Sauvan laadunvalvontatyöhön kuuluu useita työvaiheita kuten rodscannaus, vuoto-testi ja silmämääräinen tarkastus. Miten sauvan sisältämä uraani safeguards-mielessä määrätään ja miten ilma ja kosteus poistetaan sauvasta, jäivät epäselviksi niukan vierailuajan takia.

Kun sauvat ovat laatumielessä täysin valmiita, alkaa nipun asennus. Ensiksi rakennetaan runko eli luuranko, joka koostuu 8–10 zirkoniumvälituesta ja säätösauvojen 24 ohjausputkesta. Väli-tuet vastushitsataan kiinni ohjausputkiin. Tämän jälkeen vetokone vetää kokonaisen sauvarivin paikoilleen.

Valmiiksi asennetut niput varastoidaan, kunnes EdF ilmoittaa, kenelle ja milloin ja kuinka monta nippua toimitetaan. Varsin ihanteellinen tilanne toimittajalle. Tämä on mahdollista PWR-polttoaineelle, missä nukleaarinen design on lähes samanlainen. BWR-polttoaineessa puolestaan rikastuskuvio nipun sisällä on varsin erilainen vaihtolatauksesta toiseen.

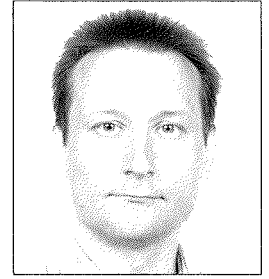
Kun vertasimme polttoainetehtaasta Västeråsissa sijaitsevaan ABB Atom Ab:n polttoainetehtaaseen, jäi mieleen yleisvaikutelmana seuraavaa:

- Valmistustekniikka on peräisin 1980-luvulta ja monessa mielessä vanhanaikainen.
- Tehdaslaitos täyttää maanjäristysvaatimukset.
- Kuivakonversio verrattuna AUC-märkäkonversioon ei ole yhtä joustavaa uraaniromun palautukselle eikä tuota vapaasti juoksevaa pulveria. Tästä syystä COGEMA ostaa ABB:ltä AUC-pulveria MOX-valmistusta varten.
- Tehdasmiljöo vaikutti kuluneelta ja työympäristössä oli paljon parantamisen varaa.
- Ranska suunnittelee valmistuskapasiteetin supistamista, jolloin voidaan veikata, että Pierrelatten tehdas on vaaravyöhykkeessä tulla suljetuksi.

DI Magnus Hanses on nykyisin eläkkeellä, p. (09) 676 473.

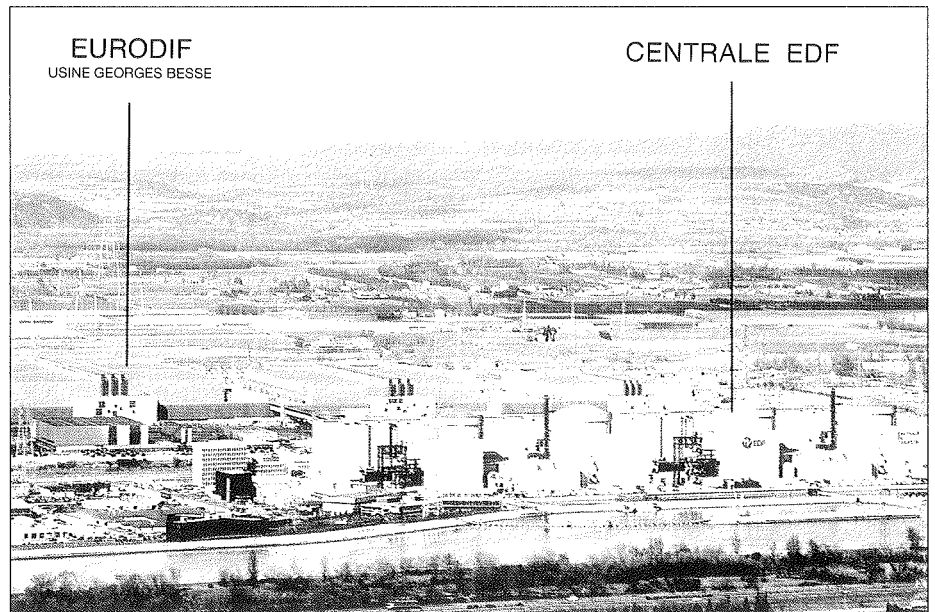
TkL Olavi Vapaavuori on ATS:n kunniajäsen ja nykyisin eläkkeellä, p. (09) 455 0245; E-mail: Olavi.Vapaavuori@xolavix.pp.fi

TRICASTININ VOIMALAITOS YDINKESKITTYMÄN TARPEISIIN



Viinitilojen katveessa oleva voimalaitos tuottaa sähköä lähinnä samalla alueella olevaa ydinpoltoainetehdasta varten. Rypäleiden säteilyarvoista ei viinin tuottajien kuitenkaan tarvitse olla huolissaan, sillä ympäristön säteilymittaustulokset julkistetaan paikalliselle asukkaille keran kuukaudessa MINITEL:ssä.

Tricastin ja EURODIF.



Kiireisen syyskuisen tiistai-iltapäivän viimeinen tutustumiskohde oli Drômen eteläosassa Rhône-joen Donzère-Mondragon kanaalin varrella sijaitseva Tricastinin voimalaitos. Se on osa suurempaa ydinteollista keskittymää. Alueella sijaitseva rikastamo EURODIF on Ranskan suurin yksittäinen sähkökäyttäjä. Täydellä kapasiteetilla käydessään se tarvitsee viereisen Tricastinin voimalaitoksen 4x900 MW:n kolmen yksikön tehon.

Ranskan valtiollinen voimayhtiön, Electricité de Francen (EdF) ja Tricastinin voimalaitoksen toimintaa esitteli Monsieur de Miscault, Directeur Délégué à la Maintenance du CNPE de Tricastin.

EdF:n käytettävissä oleva tuotantokapasiteetti on noin 99 000 MW, josta ydinvoiman osuus on noin 60 000 MW, vesivoiman osuus on noin 23 300 MW ja fossiilisten polttoaineiden osuus noin 17 600 MW.

Sähkön kokonaistuotanto on noin 460 TWh, josta vientiin liikenä lähes 69 TWh. Sähköä tuotettiin ydinvoimalla 82 % (59 reaktoria), vesivoimalla 13 % ja fossiilisilla polttoaineilla 5 %.

Voimalan sähkö viereiseen rikastamoon

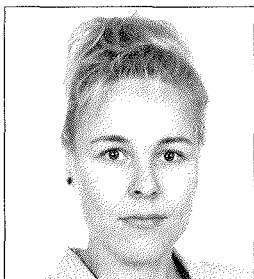
Maanrakennustyöt voimalaitosalueella aloitettiin jo vuonna 1974 öljykriisin jälkeen. Kaikki neljä yksikköä otettiin käyttöön toukokuun 1980 ja kesäkuun 1981 välisenä aikana. Tricastinin voimalaitos käsittää neljä nettotehoaan 915 MW painevesilaitosta ja se tuottaa 24 TWh vuodessa. Tämä edustaa noin 5 % Ranskan kokonaissähköntuotannosta.

Suurin osa tuotannosta, kolmen yksikön teho siirretään suoraan 225 kV jännitteellä viereisen rikastamon EURODIFin käyttöön. Väkeväintilaitoksessa suurin osa sähköstä kuluu UF₆-kaasun pumpaamiseen ja muuttuu hukkalämmöksi.

Tricastinin voimalaitoksen läheisyydessä olevat lauhdutustornit kuuluvatkin rikastuslaitokselle, kun taas voimalaitos itse käyttää jäähdytysvetenään Rhône-joen kanaalista otettua vettä.

Vuoden 1996 käyttökerroin oli lähes 87 %. Kyseisellä käyttöjaksolla oli ainoastaan kolme vuosihuoltoa. Vierailun aikana Tricastinin kolmas yksikkö oli vuosihuollossa. Vuosihuoltojen kesto on keskimäärin noin 40 päivää, ja tavoitteena on lyhentää huoltojakso 34 päivään. Joka kymmenes vuosi tehdään perusteellisempi kolmen kuukauden huoltoseisokki.

Vuonna 1997 suurimpana vuosihuolto-työnä oli Tricastinin 2 -yksikölle tehty kaikkien kolmen höyrystimen vaihto. Höyrystimien vaihtotyö maksoi noin 600 miljoonaa frangia, ja varsinainen vaihtotyö kesti 23 vuorokautta, jota edelsi lähes neljän kuukauden esivalmisteluaihe. Jatkossa vastaava operaatio tullaan tekemään muillakin yksiköillä.



MOX-polttoaineesta hyvät kokemukset

Vuoden 1996 aikana otettiin käyttöön ns. MOX (Mixed Oxide fuel)-polttoainetta kahdessa Tricastinin reaktorissa (2 ja 3). Hyvien käyttökokemusten perusteella kuluvana vuonna siirrytään myös yksiköillä 1 ja 4 osittain MOX-polttoaineeseen.

Tricastinin neljä voimalaitosyksikköä työllistää noin 1 120 henkilöä, ja vuosi- huoltojen aikana ulkopuolisia työntekijöitä on lisäksi noin 300. Laitoksilla työskennelleiden kollektiivinen säteilyannos vuonna 1996 oli 4,79 manSv.

Tehtyämme kunniakierroksen paikallisessa voimalaitokselle johtavan tien kiertoliittymässä saavuimme laitosalueelle jälleen kerran akateemisen vartin myöhässä. Tiukkojen säännösten ja yleisen käytännön mukaan kamerat luovutimme jo portilla vartijoiden haltuun. Portilta meidät ohjattiin vastaanottorakennuksessa sijaitsevaan luentosaliin, jossa saimme kuulla kolmen vartin esityksen EdF:stä sekä Tricastinin voimalaitoksesta.

Luentotilaisuus jatkui esitelmällä laitoksen jätehuollosta. Merkittävin poikkeavuus meidän käytäntöömme oli se, että valvonta-alueella muodostuvista jätteistä mitään ei vapauteta valvonnasta. Luenton aikana sivuttiin yleisesti myös Ranskan, erityisesti vanhojen rakennusten, asbestiongelmaa. Joten varsin yleisellä tasolla liikuttiin.

Myös itse laitosvierailu jäi varsin suppeaksi. Reaktorirakennuksista näimme ulkokuoren ja "revisiossa" olevan pienoismallin. Turbiinihalliin tutustuimme ohimarssien määränpäänä yksiköiden 1 ja 2 valvomoiden eteiskäytävä.

Teknisiä tietoja

Reaktorin paineastia

- sisähalkaisija	4 m
- sisäkorkeus	12 m
- paineastian paino	263 t
- paineastian kannen paino	54 t

Polttoaine

- kokonaismassa	80 t
- nippujen lukumäärä	157
- rikastusaste	3,7 %

Vesi - ja höyryparametrit

	Jäähdyte	Syöttövesi
- sisään	286 °C	220 °C
- ulos	323 °C	270 °C
- paine	155 bar	55 bar

Turbiini

- kierrosnopeus	1 500 rpm
- höyryvirtaus	1 510 kg/s

Generaattori

- nimellisteho	1080 MVA
- jännite	24 kV
- nimellisvirta	26,7 kA

Muuntajat

- muuntosuhde	24/225 kV
- jännite EURODIFille	225 kV
- jännite valtakunnan verkkoon	400 kV

Lauhduttimen jäähdytysvesi

Rhône-joesta

- massavirta	42 m ³ /s
- lämpötilan nousu	11 °C

Tiedottamiseen on panostettu

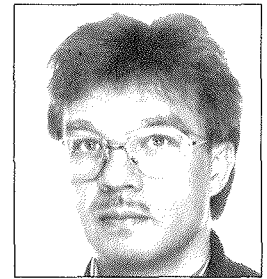
Yleisvaikutelma tästä viinitilojen lomassa sijaitsevasta voimalaitoksesta oli kuitenkin positiivinen. Lakisääteiset EdF:n ja OPRIn suorittamat ympäristön säteilymittaustulokset julkistetaan kerran kuukaudessa MINITEL:ssä paikalliselle asukkaille.

Tällä hetkellä panostetaan erityisesti lähialueiden asukkaiden erityisesti opettajien ja lääkäreiden informointiin. Vuonna 1996 uudistetussa info-keskuksessa ja laitosalueella vierailikin 7 400 henkilöä.

Ins. **Pertti Räsänen** on Imatran Voima Oy:n Loviisan voimalaitoksen turvallisuusinsinööri,
p. (019) 550 3040;
E-mail: Pertti.Rasanen@ivo.fi

DI **Satu Katajala** on Imatran Voima Oy:n Loviisan voimalaitoksen säteilysuojeluinsinööri,
p. (019) 5501;
E-mail: Satu.Katajala@ivo.fi

CERNISSÄ TUTUT SUOMALAISET OPPAAT



Tutustuimme CERNin lukuisista kohteista LEP-, ISOLDE- ja suunnitteilla olevaan LHC-kiihdytimeen. Asiantuntevasta laitosesittelystä vastasivat CERNissä työskentelevät Markus Nordberg ja Tommi Nyman. Tulevaisuudessa suurimmat tieteelliset odotukset kohdistuvat uuteen LHC-kiihdytimeen, jonka avulla ehkä löydetään fyysikkojen kauan kaipaama Higgsin bosoni.

Suomi on yksi Euroopan hiukkas-tutkimuslaboratorion CERN:n 19 jäsenmaasta ja rahoittaa sen budjetista noin 1,3 % (noin 40 milj mk). Suomalaiset ovat aktiivisesti mukana CERN:n toiminnassa. Eri asiantuntija-tehtävissä ja projekteissa työskentelee nykyään arviolta 50 suomalaista. Suomi on ollut myös hyvin esillä CERN:n laite- ja tavaratoimituksissa.

Vierailumme yhteydessä saimme hyvin yleisellä tasolla tietoa entisen CERN:n johtajan Nobel-palkitun Carlo Rubbian ajatuksista hävittää eräitä ydinjätenuklideja neutronisuihkulla. Laitos, joka hyödyntäisi ydinjätteitä, pystyisi teoriassa 7 MW tehonkulutuksella tuottamaan noin 100 MW tehon — tästä nimitys energiavahvistin. Teorian mahdollinen soveltaminen kaupalliseen käyttöön on kuitenkin optimistisimmisakin arvioissa vielä usean vuosikymmenen takana.

LEP ja LHC kiihdyttävät lähes 27 kilometriä

LEP (Large Electron-Positron collider) oli ensimmäinen tutustumiskohteemme. Sen mittavin osa, 26,7 km pitkä ympyrän muotoinen tunnelirakennelma sijaitsee noin 100 m syvyydessä. Nimensä mukaisesti siinä kiihdytetään ja törmäytetään elektroneja ja positroneja. Syntyvät hiukkaset analysoidaan DELPHI-ilmaisimissa.

Törmäytin otettiin käyttöön kesällä 1989. Hiukkasfysiikka on tämän jälkeen saanut merkittävää perustietoa aineen perimmäisistä rakenteista ja hiukkasia koossa pitävistä voimista.

Vuonna 1996 LEP:llä voitiin aikaansaada jo 90 GeV:n energioita hiukkasuihkua kohden (ns. LEP II). LEP:in aika alkaa kuitenkin olla pian ohi. On arvioitu, että todella merkittäviin uusiin löytöihin hiukkasfysiikan alalla päästään yli 1 TeV energioilla. Tätä varten CERN rakentaa uutta kiihdytintä, LHC:tä (Large Hadron Collider).

Uusi kiihdytin tullaan kustannuksien säästämiseksi sijoittamaan samaan tunneliin kuin nykyinen LEP. Tästä huolimatta hankkeen kustannukset tulevat kohoamaan lähelle 40 miljardia markkaa. Protonisuihkut voidaan LHC:llä kiihdyttää suurien suprajohtavien magneettien avulla noin 7 TeV energiaan ja raskaat ionit aina 1 250 TeV törmäysenergiaan saakka. LHC törmäyksiä varten rakennetaan uudenaikaiset ilmaisimet. CMS (Compact Solenoidal Detector) pystyy havaitsemaan noin 800 miljoonaa törmäystä sekunnissa.

Ehkä LHC:n käyttöönoton myötä vuoden 2005 jälkeen vihdoinkin löydetään se kauan etsitty Higgsin bosoni, jonka olemassaolon nykyinen teoria (ns. Standard Model) on ennustanut.

ISOLDElla ionisuihkuja tutkimuskäyttöön

ISOLDE (The On-Line Isotope Mass Separator) on laitteisto, jolla tuotetaan erilaisia radioaktiivisia ionisuihkuja monentyyppisiä tutkimuksia varten. Sovellusaloja ovat mm. ydintutkimus, kiinteän olomuodon fysiikka, materiaalfysiikka, lääketiede ja astrofysiikka.

Sopivaa kohdemateriaalia pommitetaan PSB-kiihdyttimellä (Proton-Synchrotron Booster) tuotetulla protonisuihkulla, jonka energia on 1 GeV:n luokkaa ja intensiteetti noin 2 μ A. Törmäyksessä kohdemateriaalin kanssa syntyvät ionit puolestaan kiihdytetään sähkökentässä ja ohjataan massaseparoinnin jälkeen erilaisiin tarkkoihin tutkimuksiin.

Tähän mennessä on pystytty valmistamaan yli 600 erilaista isotooppia ($Z = 2-88$). Osa isotoopeista on ollut aikaisemmin tuntemattomia. Useat ytimet ovat lyhytikäisiä ja puoliintuvat jo muutaman millisekunnin aikaskaalassa. Nämä hajoamiset ovat kuitenkin mielenkiintoisia ja antavat perustietoa atomiytimistä ja ydinvuorovaikutuksista.

FK Veli Riihiluoma on Säteilyturvakeskuksen Ydinvoimalaitosten valvonta -osaston tarkastaja,
p. (09) 7598 8310;
E-mail: veli.riihiluoma@stuk.fi

GRIMSEL JA SVEITSIN YDINJÄTEHUOLTOSUUNNITELMAT



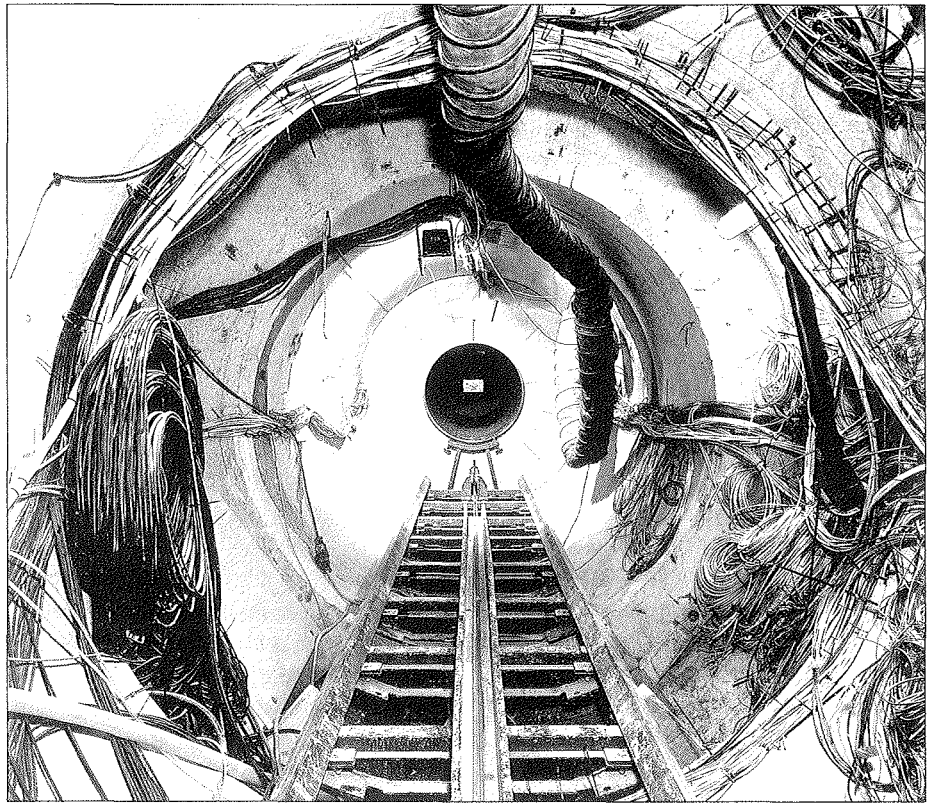
Eteläisessä Keski-Sveitsissä sijaitsevassa GRIMSELin kalliolaboratoriossa on sen 14-vuotisen olemassaolon aikana tutkittu kiteistä kallioperää useissa kansainvälisissä projekteissa. GRIMSEL on toinen NAGRAn (Nationale Genossenschaft für die Lagerung Radioaktiver Abfälle) kahdesta kalliitutkimusasemasta. Paitsi tutkimuskalustoa GRIMSELissä kävijä voi ihailla myös läpikuultavan kauniita kvartsi-kiteitä, jotka ovat syntyneet noin 16 miljoonaa vuotta sitten.

Kuten Suomessa niin Sveitsissäkin ydinvoiman tuottajat ovat vastuussa tuotannon yhteydessä syntyneistä ydinjätteistä. Sveitsin liittohallitus vastaa muista radioaktiivisista jätteistä, joita syntyy mm. sairaaloissa sekä teollisuus- ja tutkimuslaitoksissa.

25-vuotias NAGRA

Ydinvoimalaitoksia käyttävät sähkön tuottajat ja liittohallitus perustivat vuonna 1972 NAGRAn. Se on vastuussa kaikesta valmistelevästä työstä, mikä liittyy erilaisten radioaktiivisten jätteiden turvalliseen loppusijoitukseen, sekä alaan liittyvästä tutkimuksesta ja kehityksestä.

Koska laki velvoittaa etsimään Sveitsin kallioperästä myös korkea-aktiiviselle ydinjätteelle (HLW) sopivan loppusijoituspaikan, on NAGRA perustanut kaksi kalliitutkimusasemaa. GRIMSELin koeasema (GTS) sijaitsee Alpeilla luonnonkauniissa paikassa, josta pääsee maanteitse vuorten yli Italiaan (Grimsel-



FEBEX-koejärjestelyt meneillään; sähkölämmitin puuttuu vielä tunnelin keskeltä.

pass). GTS on 450 metrin syvyydessä kiteisessä graniittikallioperässä.

Koeasema perustettiin vuonna 1983 poraamalla sivutunneli päätunnelista, joka johtaa viereiselle vesivoimalaitokselle (Kraftwerke Oberhasli AG). Uscampaan koealueeseen haaroittunut laboriotunneli on noin kilometrin pituinen ja sen halkaisija on 3,5 metriä. Toinen kalliitutkimusasema, Mont Terri, sijaitsee Sveitsin luoteisnurkassa sedimenttivyöhykkeellä (Opalinus Clay). Itse loppusijoitusta ei kuitenkaan ole suunniteltu kumpaankaan näistä paikoista.

Sveitsin ydinjäte jaa Sveitsiin

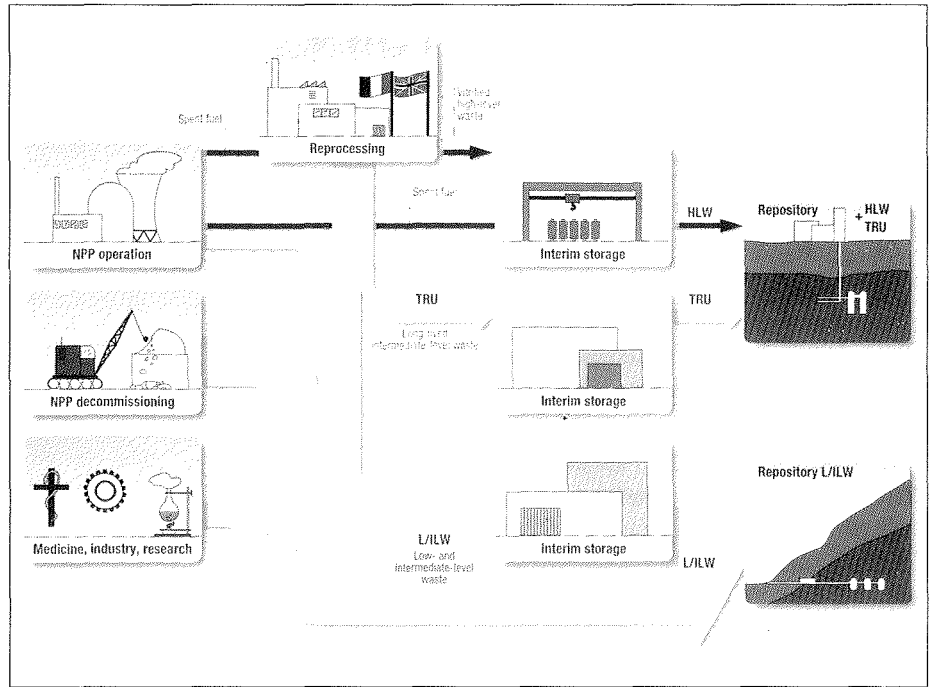
Sveitsin laki edellyttää, että kaikki Sveitsissä syntynyt radioaktiivinen jäte tulee olla loppusijoitettavissa valtakunnan rajojen sisäpuolelle. Sveitsissä on viisi ydinvoimalaitosyksikköä, jotka on otettu käyttöön ajanjaksolla 1969–1984. Nämä yksiköt tuottavat noin 2 % Euroopassa syntyvästä korkea-aktiivisesta jätteestä. Lain velvoitteista huolimatta kaikki eivät pidäkään kansallista ratkaisua korkea-aktiivisen jätteen loppusijoitukseksi järkevänä eivätkä edes todennäköisenä vaihtoehtona.

Ydinjätehuoltosuunnitelmiin sisältyy kuitenkin erilliset loppusijoituslaitokset toisaalta vähä- ja keskiaktiiviselle jätteelle (L/ILW) ja toisaalta korkea-aktiiviselle jätteelle. Nykyisellään käytetyt polttoaine-elementit jälleenkäsitellään joko Ranskassa tai Englannissa. Tämä lasitettu korkea-aktiivinen jäte, myöhemmin mahdollisesti sellaisenaan suoraan (riittävän jäähtytysjakson jälkeen) loppusijoitettavat polttoaine-elementit sekä pitkäikäiset, keskiaktiiviset transuraanit (TRU) tullaan sijoittamaan HLW/TRU-luolaan. L/ILW-luolaan sijoitetaan kaikki eri lähteistä peräisin oleva vähä- ja keskiaktiivinen jäte.

Vähä- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoituspaikaksi on NAGRAn suosituksesta valittu Keski-Sveitsissä Nidwaldenin (puoli)kantonissa sijaitseva Wellenberg. Nidwaldenin (puoli)kantoni ei kuitenkaan ole vielä myöntänyt lupaa koelouhintaa varten.

HLW/TRU-jätteen osalta valintaa loppusijoituspaikan suhteen ei ole vielä tehty. Vuosina 1982–1989 porattiin seitsemän syvää porausreikää ja tehtiin paikallisia tutkimuksia Pohjois-Sveitsissä. Tuolloin tutkimukset keskittyivät kiteiseen peruskallioon, jonka alustavissa arvioissa todettiin soveltuvan loppusijoitusympäristöksi. Jatkotutkimusten kohteena ovat Pohjois-Aargau (kiteinen) ja Zürcher Weinland (Opalinus clay) — molemmat kaukana kalliolaboratorioista. Näillä näkymin HLW/TRU-luolan rakentaminen on tarkoitus aloittaa vuoden 2020 jälkeen.

Erityyppisille aktiivisille jätteille ollaan rakentamassa keskitettyä välivarastoa (ZWILAG) Paul Scherrer -Institutin (PSI) alueelle Würenlingeniin. Liittohallituksen vastuulla olevat vähä- ja keskiaktiiviset jätteet on varastoitu alueelle jo vuodesta 1992 lähtien. Välivarastoja otetaan käyttöön sitä mukaa, kun niitä valmistuu. Suunnitelmien mukaan ZWILAG on kokonaisuudessaan valmis vuoden 1999 puolivälissä.



Sveitsin ydinjätehuoltosuunnitelmat.

Kansainvälistä tutkimusta

NAGRA toimii kiinteässä yhteistyössä paitsi PSI:n niin myös monien ulkomaisen tutkimuskeskusten kanssa. GTS:n uusimpiin projekteihin ovat kuuluneet porausreikien tiivistyskokeet (BOS), tunnelin rakennustyössä häirityn lähi- vyöhykkeen (välittömästi seinän takana) tutkiminen sekä seismisen tomografian edelleen kehittäminen. Radionuklidien kulkeutumista GRIMSELin kiteisessä kalliossa on tutkittu japanilaisten kanssa merkkiainekokein yli kymmenen vuoden ajan.

BOS-projektissa on testattu ja kehitetty horisontaalisten ja viistosti ylöspäin suuntautuneiden maanalaisen porausreikien pitkäaikaista tiivistystä yhdessä ranskalaisten kanssa. Laboratorio- ja kenttäkokeissa testattiin kolmea eri tiivistysainetta. Kokeita tehtiin myös mittakaavassa 1:1.

Tunnelia rakennettaessa aiheutetaan aina muutoksia tunnelin välittömässä läheisyydessä olevaan kallioon. Kallion ominaisuudet ja rakennustekniikka vaikuttavat muutosten, esimerkiksi halkeamaverkostojen, laajuuteen. Räjähdyttämällä saadaan aikaan laajempi häiriövyöhyke kuin käyttämällä tunnelin porauskonetta. Tätä lähialuetta on

tutkittu saksalaisten kanssa useassa eri projektissa selvittämällä ja mallintamalla mm. kaksifaasivirtausta halkeamaverkostoissa, leikkausvyöhykkeissä ja kalliomatriisissa, sekä mallintamalla häiriövyöhykkeen mekaanisia ja hydraulisia ominaisuuksia.

Alunperin lääketieteellisiin tarkoituksiin kehitetystä röntgensäteiden avulla tapahtuvasta kerroskuvauksesta eli tomografiasta on muokattu kalliitutkimuksessa hyödynnettävä menetelmä eli seisminen tomografia. Sen avulla kallion sisältämiä rikkonaisuuksia ja muita epäjatkuvuuskohteita voidaan tutkia kalliosta etenevien seismisten aaltojen heijasteluiden ja kaikuun avulla tarvitsematta tunkeutua poraamalla kallion sisään. Menetelmäkehitystä tarvitaan kuitenkin edelleen, jotta vaihtoehtoisia loppusijoitusympäristöjä voidaan kuvata riittävän laajalta alueelta ja jotta kuvia pystytään tulkitsemaan luotettavasti.

Uusimpiin yhteistyöprojekteihin kuuluu myös EU:n taloudellisesti tukema FEBEX, jossa yhdessä espanjalaisten kanssa tutkitaan korkea-aktiivisen jätteen loppusijoittamista vaakatus-tunnelihin. Täyden mittakaavan koetta varten porattiin GRIMSELin koegasemalle syksyllä 1995 uusi 70-metrinen tunneli, jonka halkaisija on 2,3 metriä. Radio-geenista lämmöntuottoa simuloidaan

kokeessa massiivisilla sähkölämmittimillä, joita ympäröivät tunnelin täyteaineena käytettävät bentoniittitiilet. Koetunneli on eristetty muusta tunnelistosta 2,5 metriä paksulla betonitulpalla. Itse koe käynnistettiin tämän vuoden alussa ja sitä jatketaan vuoteen 2002 asti.

Panostusta PR-työhön: luolavierailuja ja luonnon taidetta

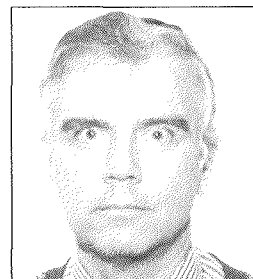
NAGRA:n T&K-budjetti tälle vuodelle on noin 40 miljoonaa SFr. Kriittikää rahankäytön suhteen on esitetty. Radioaktiivisten aineiden loppusijoituksen turvallisuutta on pyritty osoittamaan monimutkaisin ja kallein kentätutkimuksin ja mallinnuksin. Julkista yleistä hyväksyntää jätehuoltosuunnitelmille ei kuitenkaan ole kyetty saavuttamaan. Myös GTS:ssä panostetaan jatkossa aiempaa enemmän PR-työhön: järjestetään yleisövierailuja kalliolaboratorioon ja julkaistaan helposti ymmärrettävää materiaalia loppusijoituksen turvallisuudesta.

GRIMSEL tarjoaakin vierailijalle paitsi tekniikkaa myös luonnon omaa taidetta. Vuonna 1974 tunnelin louhostöiden yhteydessä alueelta löydettiin kideluola, joka on muodostunut noin 16 miljoonaa vuotta sitten. Tuolloin kallio halkeili, ja halkeamat täyttyivät kuumalla suola-liuksella. Lämpötilan ollessa yli 400 °C mineraalit (pääasiassa kvartsi ja biotiitti) liukenivat kalliosta. Kun liuos myöhemmin hiljalleen jäähtyi, mineraalit saostuivat kauniina, läpikuultavina kiteinä. Kiteet muodotuivat aikoinaan yli 10 kilometrin syvyydessä, mutta vuorimuodostelman asteittainen kohominen ja maanpinnan eroosio ovat tuoneet kideluodan GRIMSELin koeaseman korkeudelle, jossa vierailijat voivat sitä nykyään ihailla.

DI **Harriet Kallio** on IVO Power Engineeringin suunnitteluinsinööri, p. (09) 8561 2463; E-mail: harriet.kallio@ivo.fi

Kalevi Frisk

LEIBSTADTIIN VIERAAT TERVETULLEITA



Leibstadt uusi muutama vuosi sitten vierailukeskuksensa tosi näyttävään kuntoon. Ydinvoimatiedotusta on muutoinkin tehostettu, ja havainnollistamiseen käytetään varsin ansiokkaasti pienoismalleja, videoita ja muuta visuaalista materiaalia.

ATS:n viimeisenä vierailukohteenä oli Leibstadtin ydinvoimalaitos. Voimalaitos sijaitsee

Rein-joen eteläisellä rannalla Pohjois-Sveitsissä, 5 km myötävirtaa Koblenzin kaupungista Rein- ja Aare-jokien yhtymäkohdassa. Jäähdytystorni höyrypilvineen on näyttävä maamerkki voimalaitosaluetta lähestyttäessä. Vierailun aikana meille esiteltiin uusittua vierailu- ja koulutuskeskusta, laitospöytäkirjoja mm. keskusvalvomo sekä laitoksen säteilyvalvotulla alueella oleellisia voimalaitoksen tiloja ja laitteita.

Kernkraftwerk Leibstadt AG (KKL), jonka kaupallinen tuotanto alkoi 15.12.1984, on suurin Sveitsin viidestä ydinvoimalaitoksesta. Laitos työllistää noin 500 henkilöä. Aluksi isäntien edustaja esitteli voimayhtiön omistuspohjaa ja organisaatiota sekä Sveitsin energiatalouden keskeisiä tunnuslukuja. Ydinvoiman osuus Sveitsin energiatuotannosta on 40 %. Loput 60 % tuotetaan vesivoimalla. Leibstadtin 7,7 Gwh:n vuotuinen tuotanto on noin 15 % koko maan energiatuotannosta. Leibstadtin reaktori on General Electricin toimittama BWR 6 -tyyppinen kevytvesireaktori, joka on lisenssoitu 3 138 MW:n teholle. Matalapaineturpiinien modernisoinnista saatu hyötysuhteen paraneminen vuonna 1994 nosti laitoksen alku-

peräisen 990 MW:n sähkötehon 1 030 MW:iin.

Vierailukeskuksen modernisointi oli saatu valmiiksi keväällä 1994. Yhtiö on näyttävästi panostanut ydinvoimaan liittyvään tiedottamiseen. Vieraita käy vuosittain noin 18 000. Eri näyttelytiloissa esitetään erittäin havainnollisesti pienoismallien, videoesitysten ym. avulla laitoksen rakenteita ja toimintaa unohtamatta voimalaitoksella syntyvien jätteiden jatkokäsittelyä. Esimerkiksi sisääntuloaulaa hallitsee 7 metriä korkea reaktoritankin halkaistu malli sisäosineen (mittakaava 1/3), putkiyhteinen ja pääkiertopumppuinen. Saman rakennuksen alimmissa kerroksissa on täyden mittakaavan koulutussimulaattori.

Laitoskierron käyntiin tutuin turvatoimin

Tultaessa laitosalueelle portin vastaanotaulassa odotti normaalit turvajärjestelytutit passintarkastuksineen ja metallinpaljastimineen. Sisääntulossa vieraille jaetaan magneettikortilliset kulkuluvat, joita ilman liikkuminen laitoksella ei olisi ollut mahdollista.

Laitoskierron aluksi meille esiteltiin lasiseinän läpi keskusvalvomoa. Yleisilmeeltään valoisan ja pirteänvärisen

Leibstadt uskaltautui aloittamaan kansainväliset INEX-onnettomuusharjoitukset — ja Loviisan laitos pani vield paremmaksi.

valvomon ohjaus- ja valvontapulpettien järjestelyt vaikuttivat selkeiltä. Erityisesti kiinnitti huomiota reaktorisydämen valvontapulpetti suurine säätösauvakarttoineen sekä häiriötilanteiden valvontaan varattu pöytä SPDS-näyttöineen. Laitoksen keskeisimmät prosessiarvot näytettiin ohjauskaappien yläreunoilla olevilla suurilla digitaalnäytöillä.

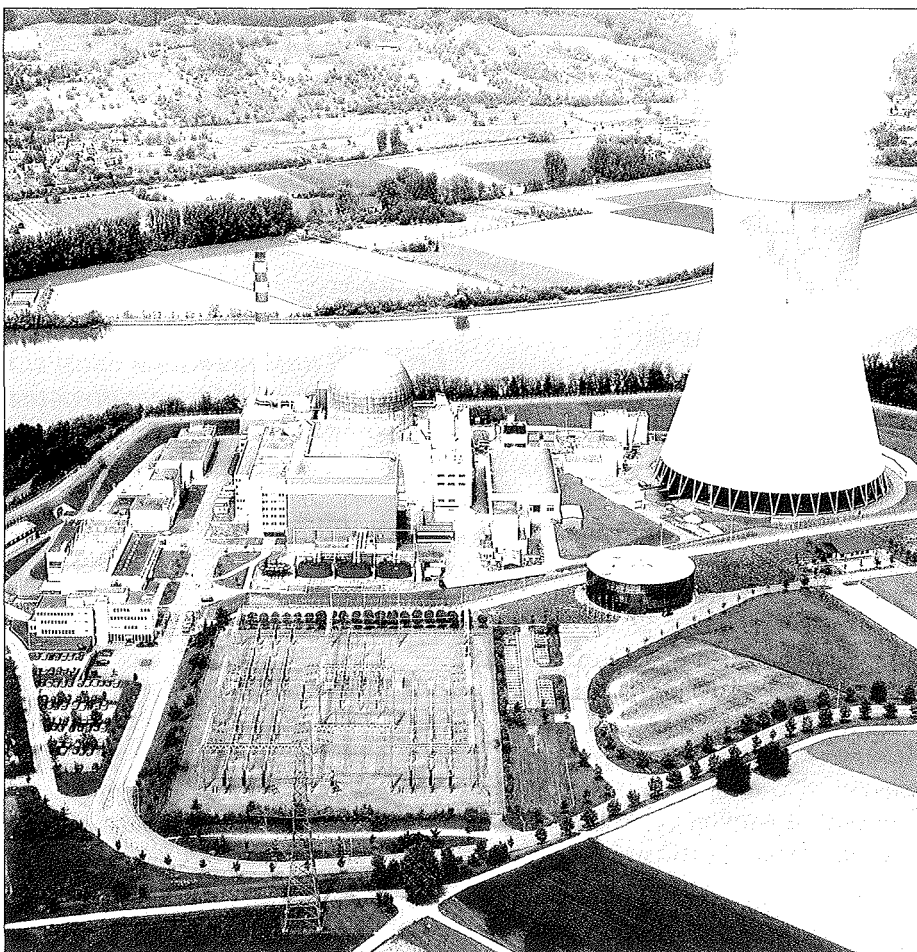
Siirtymistä valvotun alueen kenkärajalle valvottiin tarkkaan. Erittäin ahtaan henkilösulun läpikäymiseksi oli vakiuisen henkilökunnan magneetikortin lisäksi läpäistävä sormenjälkitunnistin. Kenkärajalla piti vaihtaa kaikki vaatteet alusvaatteet mukaanlukien. Ennen laitokselle siirtymistä jokaiselle vieraille jaettiin oma dosimetri. Laitoskierroksella saimme tutustua ensin reaktorihallin, jonne kulku tapahtui suojarakennuskonstruktiosta johtuen ”slussin” kautta.

Reaktorista poistettua polttoainetta ei maanjäristysvaaran vuoksi säilytetty lainkaan reaktorihallin altaissa, vaan se laskettiin rakennuksen alimmassa kerroksessa sijaitsevan polttoainevaraston altaisiin. Altaita yhdisti eräänlainen siirtoputki.

Vierailijoita käyvän BWR-laitoksen turpiinihalliin

Leibstadtin laitoksen turpiinihalliin pääsi myös käynnin aikana. Turpiinit ja välitulistimet oli aidattu vankoilta betoniseinillä, joilla säteilytaso turpiinihallissa pidettiin riittävän alhaisena. Edellisessä revisiossa vaihdettu korkeapaineturpiinin roottori oli edelleen varastoituna turpiinihallissa. Lämpötila (40 °C) ja korkea melutaso rajoittivat kuitenkin oleskeluaikaa hallissa.

Laitoskierrosta jakettiin vielä tutustumalla turpiinipuolen komponentteihin mm. syöttövesi- ja lauhdepumppuihin. Vaikka laitoskierros valvotulla alueella olikin odotettua suppeampi, antoi se siistin vaikutelman laitoksesta. Lukuisat magneetikortilla avattavat ovet tutustumisreitillä varrella osoittivat kulunvalvonnan kattavuuden.



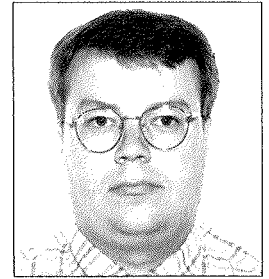
Jahr	Nettoleistung MW	Generator am Netz h	Netto- erzeugung Mrd. kWh	Zeitver- fügbarkeit %	Arbeitsver- fügbarkeit %
1985	950	7230	6,8	82,6	82,0
1986	990	7670	7,2	87,6	85,6
1987	990	7920	7,4	90,4	88,6
1988	990	7530	7,0	85,8	83,2
1989	990	7670	7,4	87,6	85,8
1990	990	7910	7,6	90,3	88,9
1991	990	7580	7,0	86,5	86,0
1992	990	7990	7,5	90,9	90,5
1993	990	7960	7,3	90,8	89,6
1994	990	7230	7,0	82,5	81,1
1995	1030*	7890	7,7	90,0	89,1
1996	1030	7790	7,7	88,7	87,6

*Leistungssteigerung nach Umbau der Niederdruckturbinen (1994)

Vierailun viimeisenä kohteena oli käynti laitoksen jäähdytystornilla. Tämä 119 metriä halkaisijaltaan ja 144 metriä korkea torni vesihöyryneen muodostaa vallitsevan näkymän alueella. Halukkailla oli mahdollisuus käydä myös sisällä tornissa, oppaan mukaan ”Sveitsiläisessä saunassa”.

Kalevi Frisk on Teollisuuden Voima Oy:n Olkiluoto1-laitoksen vuoropäällikkö, p. (02) 8381 4001.

PAUL SCHERRER -INSTITUUTISSA TUTKITAAN JA OPIKELLAAN



Paul Scherrer -instituutti (PSI) on luonnontieteiden ja teknologian tutkimuskeskus, joka sijaitsee Villigenissä Sveitsissä vajaan tunnin ajomatkan päässä Zürichistä luoteeseen. Instituutissa tutkitaan alkeishiukkasfysiikkaa, kiinteiden olomuotojen fysiikkaa, materiaali-tekniikkaa, energiatutkimuksia ydinvoima- sekä konventionalisille laitoksille sekä energiaan liittyvää ekologiaa.

Instituutissa keskitytään perus- ja sovellettuun tutkimukseen varsinkin sellaisilla alueilla, jotka ovat merkittävää kehitykselle, sekä myöskin opetukseen ja harjoitteluun. PSI kehittää ja hoitaa yhdistelmä-tutkimusasennuksia, jotka vaativat erityisen korkeatasoista tietotaitoa.

Vuonna 1996 instituutin käytössä oleva budjetti oli 615 miljoonaa markkaa. Lisäksi ulkoisen rahoituksen osuus nousi lähes 109 miljoonan markkaan. Vuonna 1997 instituutin palkkalistoilla on 1 100 henkilöä, noin 200 kolmannen osapuolen palkkaamia, joista 120 on energiatutkimuksen alalla, sekä jatkuvasti noin 130 väitöskirjaa tekevää opiskelijaa. Instituutissa on kahdeksan eri tutkimusosastoa, joista F4 on ydinenergian ja turvallisuuden tutkimusosasto.

Ydinturvallisuustutkimukseen viidennes budjetistä

Ydinenergian ja turvallisuuden tutkimusosasto kantaa vastuun tärkeiden ydinenergian tutkimustöiden tekemisestä Sveitsissä. Edellä mainittu tutkimus on PSI:n vastine saaduille rahoille, ja se seuraa valtion direktiivejä. Noin viidesosa instituutin budjetistä on varattu tutkimusosasto F4:n käyttöön.

Tutkimusosastolla toiminta on keskittynyt kolmeen eri pääalueeseen:

- turvallisuus ja turvallisuuteen liittyvät ongelmat voimalaitoksilla,
- turvallisuuspiirteet uusille reaktoreille ja polttoainesyklin liittyvää tutkimusta sekä
- jätteenkäsittely.

Reaktoriturvallisuutta tutkitaan määrittämällä ydinvoimalaitoksien onnettomuusolosuhteiden turvallisuusmarginaaleja. Jäähdytysveden kemian tutkimuksella pyritään vähentämään veden kontaminaatiota ja siten alentamaan työntekijöiden säteilyannoksia. Instituutissa on käytettävissä hyvin moderneja kuumakammioita reaktorin eri osien visuaaliseen sekä mekaaniseen tutkimukseen (esimerkiksi polttoainesauvojen suojausputkien tutkimista). Näiden tutkimuksien avulla voidaan selvittää lopulliset syyt ja mekanismit eri materiaali-vaingoille sekä arvioida luotettavasti tärkeiden komponenttien huoltovälit.

Oletettuja onnettomuuksia tutkitaan, jotta ymmärrettäisiin paremmin eri tapahtumien mahdollisia seurauksia ja voitaisiin tunnistaa vikaantumisia, jotka voivat aiheuttaa radioaktiivisia päästöjä luontoon.

Radioaktiivisten jätteiden loppusijoitustutkimuksien avulla pyritään myötävaikuttamaan niiden mekanismien ymmärtämiseen, jotka ovat merkityksellisiä loppusijoituspaikan pitkän ajan turvalli-

suuden kannalta. Tietokoneavusteisten analyysien avulla arvioidaan, miten radionuklidit hajoaisivat geosfääriin olettaen, että lopullisen sijoituspaikan suojaus on hajonnut. Tutkimuksien avulla voidaan määrittää myös radioaktiivisuuden määrä, joka vapautuisi biosfääriin. Tietokoneavusteisten laskujen analyysit verrataan kokeellisiin tuloksiin.

Välineinä POSEIDON ja PANDA

Vakavassa reaktorionnettomuudessa vapautuisi jatkuvasti radioaktiivisia hiukkasia. Poseidon-laitteiston avulla generoidaan harmittomia ei-radioaktiivisia aerosoleja, jotka sitten sekoitetaan höyryyn, passiivisiin kaasuihin sekä jodiin. Kokeilla voidaan simuloida mahdollisimman todenmukaisesti vallitsevaa ilmapiiriä reaktorin suojarakennuksen sisällä vakavan onnettomuuden aikana sekä tutkia aerosolien käyttäytymistä.

PANDA puolestaan on täydellinen suojarakennusta jäljittelevä laitteisto, jonka avulla voidaan tutkia passiiviseen lämmönsiirtoon tarvittavien komponenttien toiminnallista hyötysuhdetta vakavan reaktorionnettomuuden sattuessa.

Ins. Tom Gustafsson on IVO PE:n Oy:n suunnitteluinsinööri p. (09) 8561 5386; E-mail: tom.gustafsson@ivo.fi

KASVIHUONEILMIÖ — KESTÄVÄ KEHITYS?

Syysseminaarin paneeli pohti peruskysymyksiä

Kestävä kehitys on kuulunut energiastrategioitten vakiosanastoon Brundtlandin komission ajoista alkaen. Kasvihuoneilmistä on puhuttu pitempäänkin, muistini mukaan vuosikymmeniä. Kioton kokous toi tänä vuonna molemmat termit jälleen yleiseen tietoisuuteen, jos ne nyt edes ovat päässeet unohtumaan. Puhetta kummatakin asiasta on siis pidetty ja paperia painettu. Tuntuu kuitenkin siltä, että ainoa kestävä kehitys on toistaiseksi ollut kasvihuoneilmiön eteneminen. Eikä siihenkään uskota, ennen kuin riittävä todistusaineisto on koossa — mikä tarkoittaa sitä, että vastatoimet ovat auttamatta myöhässä!

Kasvihuoneilmiön pysäyttäminen edellyttää tietenkin kestävään kehitykseen pohjautuvaa energian tuotantoa — maailmanlaajuisesti. Energiastrategioita on laadittu vähän joka maassa, mutta viisasten kiveä ei ole löydetty. On esitetty uusiutuvia energialähteitä, on muistettu kehitysmaat. Kuitenkaan ei ole pystytty osoittamaan, miten ratkaista (epä)yhtälö

kasvava väestö x lisääntyvä energian tarve < rajalliset luonnonvarat.

Ei voida olettaa, että kehitysmaat haluavat pysyä kehitysmainana. Aivan varmasti ne haluavat nostaa elintasoaan ja lisätä energian ja erityisesti sähkön kulutusta, mihin niille hyvän mallin tarjoavat teollisuusmaat. Ne tuottavat siis enemmän energiaa ja sähköä — lisäämällä fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Ja kasvihuoneilmiö voi hyvin. Ydinvoimaa ei saa mainita kasvihuoneilmiön yhteydessä: sen merkitys on marginaalinen oikeaoppisten mielestä.

Tätä taustaa vasten on annettava tunnustusta hallituksen energiastrategialle. Se uskaltaa mainita ydinvoiman ja jopa pitää mahdollisena sen lisärakentamista. Itse esitin tämän tulkinnan ATS:n syysseminaarin paneelissa, johon oli kutsuttu kansanedustajia vastaamaan kysymyksiin aiheesta "Puolueiden kannanotot hallituksen energiastrategiaan ja erityi-



ATS:läisten esittämät kysymykset saivat panelistit mieltelidiksi ATS:n syysseminaarissa. Kansanedustajat esittelivät omia ja puolueidensa näkemyksiä hallituksen energiastrategiasta ja ydinenergian asemasta. Paikalla olivat (oikealta) Ulla Anttila, Henrik Lax, Heikki Järvenpää, Tarja Kautto ja Markku Koski (joka valitettavasti on näkymättömissä).

sesti ydinenergian asemaan". Toinenkin tulkinta on mahdollinen: monet katsovat, että hallitus liputtaa kaasuvoiman puolesta ja mainitsee ydinvoiman vain hätävarana.

Kumpikin näistä näkemyksistä oli hyvin edustettuna paneelissa, ja rintamalinjanakin saattoi etukäteen arvata. Kansanedustajat olivat sisäistäneet hyvin hallitusohjelman maininnan siitä, että nykyinen hallitus ei käsittele ydinvoiman jatkorakentamista. Mitä seuraava hallitus tekee, on sen päänsärky. Puheenvuoroissa muistettiin mainita myös energia-erot, kotimainen energia, talouskasvu, kestävä kehitys, kehitysmaat ja tietysti hiili ja kaasu. Ydinvoiman todettiin olevan arvo- ja asennekysymys. Kapula-kieliset faktat eivät tee vaikutusta kuulijoihin, ainakaan jos korkeasti oppineet ATS:läiset yrittävät vaikuttaa heihin. Panelistit mielsivät kaasun tulevaisuuden päävaihtoehdoksi. Samalla tunnustettiin, että sen saatavuus voi muuttua rajoittavaksi ja hintaan kohdistua nousupaineita.

Yllättävää oli, että huomattava osa keskustelusta käytiin käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyn ympärillä. Monet puhujat — sekä panelistit että ATS:n jäsenet — pitivät käytetyn polttoaineen suoraa hautaamista maaperään luonnonvarojen tuhlausena. Tässä yhteydessä muistuteltiin mieliin, mitä eduskunta meni päättämään joitakin vuosia sitten: käytettyä polttoainetta ei saa viedä maasta edes tilapäisesti. Keskustelun seuraava askel oli todeta, että eduskuntakaan ei ole erehtymätön. Intoutuipa eräs panelisteista väittämään, että energiapolitiikka on liian vaikea asia jätettäväksi eduskunnan ratkaistavaksi. Olen ollut havaitsevinani, että samanlaista henkeä on ATS:n jäsenistössäkin — ainakin mitä tulee ydinvoimaan.

TkL Eero Patrakka on Teollisuuden Voima Oy:n kehityspäällikkö ja tämän lehden erikoistoimittaja, p. (02) 8381 3300.

Hederspris och stipendier ur dipl.ing. Edmund Wilhelm Guerrillot's fond 1997

Hederspris

Professor **Pekka Silvennoinen**,
40 000 mk;

Fil.lic. **Anneli Salo**, 40 000 mk;

Dir. Fil. lic. **Hannu Koponen**,
40 000 mk;

Dir. DI **Jussi Helske**, 40 000 mk;

TkL **Bjarne Regnell**, 40 000 mk

Stipendier

TkL **Pertti Auerkari & DI Stefan Holmström**, 36 000 mk, för livslängdskontroll av kärnkraftskomponenter

TkL **Jarmo Ala-Heikkilä**, 20 000 mk, för utveckling av ett expertsystem för nukleididentifikation till ett beslutsstödsystem i strålningsövervakning

Professor **Heikki Kallis forskargrupp**:

TkL **Josef Banati**, 20 000 mk, för att studera provapparatur som simulerar kärnkraftolyckor

DI **Virpi Kouhia** (Korteniemi),
20 000 mk, för att studera termohydraulisk modellering av kärnkraftverk

DI **Cristine Sarrette**, 20 000 mk, för att modellera hur kväve från nödkylsystemet rör sig i reaktorkretsen

DI **Minna Tuomainen**, 20 000 mk, för att studera inverkan av sk. vattenlås i reaktorkretsen vid kylsystemlekage

DI **Juhani Vihavainen**, 20 000 mk, för att studera ALWR-kraftverkens säkerhets-system

DI **Eero Virtanen**, 20 000 mk, för att studera sk. ATWS-händeseförlopp som leder till allvarliga olyckor

TkD **Timo Laitinen & prof. Göran Sundholm**, 58 000 mk, för karakterisering av ytfilmer på konstruktionsmaterial i kärnkraftverk — ytfilmernas elektrokemiska roll vid spänningsbrott samt vid ansamling av radioaktivitet

DI **Pekka Lösönen**, 20 000 mk, för att modellera fissionsgasdiffusion i LWR

Prof. (emeritus) **Jorma K. Miettinen**,
15 000 mk, att påverka allmänna opinionen i kärnkraftsfrågan genom artiklar, en pamflett, föredrag och intervjuer

Tekn. stud. **Timo Mäenpää**, 20 000 mk, för att studera yttre avkylning av en reaktor vid allvarliga olycksituationer

DI **Timo Narumo**, 20 000 mk, för att utveckla en fysikalisk beräkningsmiljö för modellerandet av termohydrauliska transienter i BWR kärnförhållanden

DI **Jyrki Peltonen**, 20 000 mk, för utveckling av en omfattande beskrivning för neutrontvärsnitt

TkD **Markku Rajamäki**, 20 000 mk, för att framställa föreläsningmaterial för tekniska högskolans kurs I kärnenergiteknik för fortsättningsstuderade

FD **Rolf Rosenberg**, 60 000 mk, för speciering av ⁹⁰Sr och ²³⁹Pu i vattenekosystem

Prof. **Rainer Salomaa**, 60 000 mk, för att studera nya kärnenergisystem

DI **Vesa Tanner**, 30 000 mk, för att studera kärnkraftverkens radioaktiva kontamination och utveckla strålningsmätningstekniken som används vid kontaminationsmätning

TkD **Jussi Vaurio**, 20 000 mk, för att utveckla tillförlitlighet och probabilistisk säkerhetsanalys av kärnkraftverk.

Understöd

Atomtekniska Sällskapet i Finland,
30 000 mk, för tidskriften ATS Ydintekniikka

FACTE energi arbetsgrupp /
prof. Antero Jahkola, 60 000 mk

*Kiitämme asiakkaitamme ja yhteistyökumppaneitamme kuluneen vuoden
hyvästä yhteistyöstä ja toivotamme rauhallista Joulua sekä onnea ja
menestystä vuodelle 1998.*

VTT ENERGIA

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA –

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



Kannatusjäsenet

ABB Power Oy

Fintact Oy

IVO-yhtiöt

Kemira Oy, Energia

Mercantile-KSB Oy Ab

NAF Oy

Neste Oy

Perusvoima Oy

Pohjolan Voima Oy

Posiva Oy

PRG-Tech Oy

Rados Technology Oy

Saario & Riekkola Oy

Siemens Oy

Soffco Oy Ab

Suomen Atomivakuutuspooli

Suomen Malmi Oy

Teollisuuden Voima Oy

VTT Energia