

ATS

YDINTEKNIikka

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA -

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



3/2000

vol. 29

Tässä numerossa:

Ydinvoimalaitos- vaihtoehdot

Pääkirjoitus: Ydinvoimakeskustelu jatkuu.....	3
Resumé: Nuclear Power Discussion Continues.....	4
Suomalais-ranskalainen turvallisuskollokvio	5
Westinghousen edistyneet kevytvesireaktorit	8
The Business of Nuclear Power.....	12
Suomen tulevat laitosvaihtoehdot Framatome ANP.....	16
Russian VVER-91 under Construction in China.....	20
Ydinturvallisuuden arviointi EU:n jäsenyyttä hakevissa maissa.....	23
ATS:n naiset aktiivisina.....	28
In Germany Nuclear Power still has a Future.....	31
Kolumni: Pitkässä juoksussa.....	34

ATS

3/2000, vol. 29

JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura –
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

ATS WWW

<http://www.vtt.fi/ene/ye/ats/index.html>

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA

DI Jorma Aurela
Fortum Power and Heat Oy
PL 23, 07901 Loviisa
p. 010 455 3070
jorma.aurela@fortum.com

ERIKOISTOIMITTAJA

TkT 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

TOIMITUSSIHTEERI

Minna Rahkonen
Fancy Media Ky
Immersbackantie 85
01100 Östersundom
p. (0400) 508 088
fancymedia@saunalahti.fi

ERIKOISTOIMITTAJA

DI Milja Walsh
Energia-alan Keskusliitto ry.
PL 21, 00131 Helsinki
p. (09) 6861 6608
milja.walsh@finergy.fi

ERIKOISTOIMITTAJA

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

JOHTOKUNTA

PUHEENJOHTAJA

TkT Harri Tuomisto
Fortum Engineering Oy
Rajatorpantie 8
00048 Fortum
p. (09) 8561 2464
harri.tuomisto@fortum.com

VARAPUHEENJOHTAJA

FT Rolf Rosenberg
VTT Kemiantekniikka
PL 1404, 02044 VTT
p. (09) 456 6342
rolf.rosenberg@vtt.fi

SIHTEERI

TkL Jarmo Ala-Heikkilä
Teknillinen Korkeakoulu
PL 2200, 02015 TKK
p. (09) 451 3204
jarmo.ala-heikkila@hut.fi

RAHASTONHOITAJA

TkL Juhani Vihavainen
Lappeenrannan TKK
PL 20, 53851 Lappeenranta
p. (05) 621 2781
juhani.vihavainen@lut.fi

DI Kari Kaukonen

Teollisuuden Voima Oy
27160 Olkiluoto
p. (02) 8381 2120
kari.kaukonen@tvo.fi

FK Elina Martikka

Säteilyturvakeskus
PL 14, 00881 Helsinki
p. (09) 7598 8373
elina.martikka@stuk.fi

DI Martti Kätkä

Teollisuuden Voima Oy
Mikonk. 15 A, 00100 HKI
p. (09) 6180 3130
martti.katka@tvo.fi

MUU TOIMINTA

YLEISSIHTEERI

Liisa Hinkula
VTT Energia
PL 1604, 02044 VTT
p. (09) 456 5000
liisa.hinkula@vtt.fi

KANSAINVÄL. ASIOIDEN SIHT.

DI Olli Nevander
Fortum Engineering Oy
01019 IVO
p. 010 453 2613
olli.nevander@fortum.com

EKSKURSIOSIHTEERI

Tekn.yo Kai Salminen
Fortum Engineering Oy
00048 Fortum
p. 010 453 3093
kai.salminen@fortum.com

YOUNG GENERATION

Tekn.yo Jari Siitonen
Fortum Engineering
PL 10, 00100 Helsinki
p. 010 453 2459
jari.siitonen@fortum.com

ENERGIAKANAVA

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

VUODEN 2000 TEEMAT

1/2000

Viestintä

2/2000

Uraani + WIN Global

3/2000

Ydinvoimalaitos-
vaihtoehdot

4/2000

ATS:n ekskursion Saksaan

ILMOITUSHINNAT

1/1 sivua 2.000 mk

1/2 sivua 1.400 mk

1/4 sivua 1.000 mk

TOIMITUKSEN OSOITE

ATS Ydintekniikka
c/o Jorma Aurela
Fortum
Power and Heat Oy
PL 23
07901 Loviisa
p. 010 455 3070 (suora)
telefax 010 455 4435

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

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

ISSN-0356-0473

Painotalo Auranen Oy
– ISO 9002 –

Ydinvoimakeskustelu jatkuu



Sähkömarkkinoiden avautuminen on ravistellut voimakkaasti energiakenttää. Sähköhuoltovelvoitteen poistuttua on aikaisempi varakapasiteetti tullut markkinoille ja lisännyt sähkön tarjontaa. Seurauksena on ollut lisääntynyt kilpailu sähkön tuottajien välillä ja sähkön hinnan lasku. Pitemmällä aikajänteellä vain tuotantokustannuksiltaan kilpailukykyinen sähkö käy kaupaksi.

Tilastoja tarkastelemalla on helppo todeta ne tuotantomuodot, jotka ovat menestyneet avautuneilla sähkömarkkinoilla. Vesivoima on tunnetusti edullista, sen tuotantomäärä on vaihdellut vesitilanteen mukaan. Tuotantomääriään ovat markkinoiden avauduttua selvästi lisänneet ydinvoima sekä yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto. Rajuimman pudotuksen ovat kokeneet konventionaaliset lauhdelaitokset, joiden tuotanto on suurelta osin korvautunut tuonnilla. Tuontisähkön määrä onkin kasvanut voimakkaasti ja sen osuus on tällä hetkellä jo 15 %:n luokkaa kokonaiskulutuksesta.

Julkaistujen ennusteiden mukaan sähkön kulutus jatkaa kasvuaan 1-2 %:n vuosivauhdilla. Miten varmistetaan edullisen sähkön saanti tulevaisuudessa? Ydinvoiman lisärakentaminen on varteenotettava vaihtoehto: se on luotettava ja kustannuksiltaan edullinen ja ennustettava tuotantomuoto, joka ei aiheuta ilmastopäästöjä.

Ydinvoimatekniikka on kehittynyt voimakkaasti. Nykyisin rakennettavien laitosten suunniteltu käyttöikä on jo 60 vuotta. Lisäyksikön rakentaminen merkitsisi nykytermein futuurin hankkimista sähkön toimitukselle aina 60-70 vuoden päähän nykyhetkestä. Ydinvoimalaitoksen rakentamispäätös on siis merkittävä strateginen ratkaisu.

Lisäyksikön rakentaminen ei olisi mitenkään ainutlaatuinen tapahtuma. Tällä hetkellä maapallolla on rakenteilla 38 ydinvoimalaitosta. Näiden lisäksi useassa maassa on meneillään laitosten modernisointeja, jotka nostavat laitosten tuotantotehoa ja parantavat niiden käytettävyyttä. Esimerkiksi USA:ssa kehittämishankkeilla aikaansaadun lisätuotannon on laskettu vastaavan yli kymmenen uuden laitosyksikön tuotantoa.

TVO ylläpitää Fortumin kanssa tehdyn sopimuksen mukaisesti valmiutta käynnistää mahdollista lisäyksikköä koskeva hakemusmenettely. Päätöstä hakemuksen jättämisestä ei vielä ole tehty. Hankkeen suuruudesta johtuen päätöksenteon tueksi tarvitaan lukuisia selvityksiä, joiden laadinta on tätä kirjoitettaessa kesken.

Julkisuudessa käynnissä oleva energiakeskustelu on yksipuolisesti keskittynyt siihen, pitäisikö rakentaa lisää ydinvoimaa vai ei. Oleellisempi kysymys kuitenkin on, miten varmistetaan edullisen sähkön saanti tulevaisuudessa siten, että kansainvälisten ilmastopöytäkirjojen asettamat velvoitteet saadaan täytettyä. Turvaututaanko yhä enenevässä määrin tuontisähkөөn vai luodaanko maahan sellaiset olosuhteet, joissa myös oman kilpailukykyisen ja ympäristöystävällisen tuotantokapasiteetin rakentaminen on mahdollista.

Nuclear Power Discussion Continues

The opening of the electricity markets has sent strong shock waves throughout the energy field. Due to the abolition of the electricity supply obligations, the former reserve capacity has been released to the market and the electricity supply has increased. This has resulted in an increased competition between the producers and the fall of electricity price. Over the long term, only the electricity with low production costs can be sold.

By inspecting the statistics, one can easily find those production forms that have proved successful in the opened electricity markets. Hydropower is known for its competitiveness, its production alternating according to the actual situation. Both the nuclear power and combined electricity and heat production have seen increase in their respective production after the market opening. The deepest fall has been experienced by the conventional condensation plants, their production having been largely replaced by the import. The amount of imported electricity has risen strongly and currently represents about 15% of the total consumption.

The published forecasts show that the electricity consumption continues to grow up at an annual rate of 1-2%. How can the supply of cheap electricity be assured in the future? A noteworthy option is the construction of additional nuclear capacity: it is a reliable production form with low and predictable costs and no climate emissions.

Nuclear power technology has been developed rapidly. The planned lifetime of the power plants under construction is already 60 years. The construction of an additional unit would mean a purchase of a future option for electricity supply up to 60-70 years from the present day, when speaking with modern jargon. The decision to construct a nuclear power is therefore a significant strategic decision.

The construction of an additional unit would be by no means a unique event. At the time being, there are 38 nuclear power plants under construction in the world. In addition, modernisation programs are currently under way in many countries, upgrading the production capacity and enhancing the availability of the plants. As an example, the additional capacity achieved through the development programs in the USA has been evaluated to correspond the production of more than ten units.

By virtue of an agreement with Fortum, TVO maintains the preparedness to initiate the application process for a possible additional unit. No decision to submit the application has been made so far. Due to the size of the project, the decision making must be supported by a number of studies, which are under preparation when writing this.

The public energy discussion is concentrated only on whether to build more nuclear power or not. A more substantial question still remains: how to assure the supply of cheap electricity in the future while still fulfilling the obligations set by the international climate agreements. Shall we rely on imported electricity in ever increasing amount or should we create such circumstances in our country that would facilitate the construction of competitive and environmentally sound production capacity.

Suomalais-ranskalainen turvallisuuskollokvio



Kollokvion osanottajat ryhmäkuvassa.

Suomalais-ranskalainen teknillistieteellinen seura (AF-FRST) ja Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu (LTKK) järjestivät Lappeenrannassa ydinvoimalaitosten turvallisuuskollokvion 27.-28.6. 2000. Tämä kollokvio on järjestyksessään kolmas: ensimmäinen kollokvio järjestettiin Lappeenrannassa vuonna 1994 ja toinen Grenoblessa 1996.

Samassa yhteydessä järjestettiin myös kolmipäiväinen Young Generation -kokoontuminen. Tapahtumien tavoitteena oli antaa suomalaisille ja ranskalaisille asiantuntijoille mahdollisuus ajatusten ja kokemusten vaihtamiseen ydinvoimalaitosten turvallisuudesta ja tähän liittyvästä tutkimustyöstä. Tämän tavoitteen toteuttamiseksi oli kollokvioon kutsuttu puhujia eri organisaatioista.



Kollokvion osanottajia vilkkaassa keskustelussa tauon aikana LTKK:lla.



Juttua riitti myös illallisella.

Tavoitteena oli myös luoda uusia yhteyksiä suomalaisten ja ranskalaisten organisaatioiden välille.

Kahden päivän aikana pidetyissä 20 esityksessä käsiteltiin seuraavia aiheita:

- Ydinturvallisuus Euroopassa
- Laajat tutkimusohjelmat
- Polttoainetutkimus
- Termohydrauliikka
- Inhimillinen luotettavuus
- Häätätilanneohjeet
- Vakavat reaktorionnettomuudet.

Kutsutut puhujat edustivat turvallisuusviranomaisia (STUK), tutkimuslaitoksia (CEA, IPSN, VTT) ja ydinvoimalaitoksia käyttäviä yhtiöitä (EdF, Fortum, TVO).

Tämänkertaiseen kollokvioon osallistui kaikenkaikkiaan yli viisikymmentä alan asiantuntijaa. Huolimatta ranskalaisten lennonjohtajien yrityksestä kariuttaa kollokvioon onnistumisen lakkoilullaan paikalle saapui odotettu määrä 14 ranskalaista. Kollokvion avasi teollisuusneuvos Jussi Manninen KTM:stä ja Ranskan suurlähetystön terveiset toi kulttuuri- ja tiedoneuvos Patrick Tho-

mas. Sateisissa merkeissä alkanut tapaaminen kääntyi iltopäivää kohti selkeämmäksi. Kuin järjestäjien tilauksesta saatiin Skinna-rilan Hovissa nautittu perinteinen savukalailallinen sekä illan päättänyt Saimaan risteily viettä auringkoisessa säässä.

Kollokvion perusteella voidaan todeta, että suomalais-ranskalainen ydinenergia-alan yhteistyö on erityisesti Suomen liityttyä EU:n jäseneksi harpannut pitkän askeleen eteenpäin. Kaikilla suomalaisilla alan pääorganisaatioilla on nykyisin yhteistyökumppaneita ja -hankkeita Ranskan suunnalla. Mainittava uusi yhteistyömuoto on Loviisan voimalaitoksen uusien häätätilanneohjeiden tilaus ranskalaiselta EdF/Framatome -yhteensuostumalta. Asiasta kuultiin mielenkiintoinen esitelmä Fortumin Samuli Savolaiselta.

Päätössanat lausunut professori Heikki Kalli totesi tämänkertaisen kollokvion aihepiiriin olleen edellisiä kertoja paljon laajemman sekä esitelmien tieteellisen tason parantuneen entisestään. Kollokvion esitelmistä julkaistaan kooste v. 2000 aikana.

YG-tapaaminen Lappeenrannassa

Young Generation -tapaamiseen saapui kesälomakaudesta huolimatta yhteensä reilu kymmenkunta nuoren sukupolven edustajaa Suomesta ja Ranskasta. Kolme päivän tapahtuman ensimmäisenä päivänä YG-läiset osallistuivat muiden mukana kollokvioon, seuraavana päivänä vuorossa oli YG-läisten oma seminaari monipuolisine aiheineen ja viimeisenä päivänä vierailtiin Loviisan voimalaitoksella ja käytiin tutustumassa Triga-reaktoriin Otaniemessä.

YG-seminaarissa lähes kaikista päivän aiheista kuultiin sekä suomalainen että ranskalainen esitys, mikä antoi hyvän tilaisuuden vertailla näitä kahta erilaista maata. Aihepiiri oli laaja, YG-toiminnasta jätekysymyksiin ja uuden yksikön rakentamisesta ydinenergia-alan koulutukseen.

Monessa esitelmässä ilmaistiin huoli siitä, että ydintekniikan opiskelu ei enää kiinnosta nuoria. Toisaalta nuorta opiskelijaa on helppo ymmärtää; milloin viimeksi



Risteilyllä YG:n edustajat pääsivät asiaan parhaiden teekkari-perinteiden mukaisesti.



Saimaalla paistoi aurinko.



YG-tapaamisen osanottajat ekskursiolla Loviisan voimalaitoksella.



Skinnarilan hovissa nautittiin savukalaa.

ydinalalta on kuulunut julkisuuteen positiivisia uutisia? Jos nuorelta kysyttäisiin min-käläisiä ydinvoimauutisia hän muistaa viime aikoina kuulleen, vastauksena olisi varmaankin Saksan ja Ruotsin päätökset ydinvoimasta luopumisesta, ehkä Tokaimuran onnettomuus ja kaiken kruununa mahdollisesti jokin ydinvoiman vastainen mielenosoitus. Ja kun lisäksi ydinvoima usein julkisuudessa mainitaan ”vanhentuneena teknologiana”, ei ole ihme jos alan opiskelu ei houkuttele.

Nykyään vuodessa valmistuu 10-15 uutta korkeakoulututkintoa ydinenergia-alalta. LTKK:ssa tehdyn tutkimuksen mukaan määrä tulisi lähes kaksinkertaistaa, jotta se kattaisi eläkkeelle tai muille aloille siirtymiset. Opetuskapasiteetti ei ole ongelma, vaan ongelmana on juuri opiskelijoiden houkutteleminen alalle. YG-toiminnalla voi tässä olla suuri merkitys. YG-toiminnassa voidaankin nähdä kaksi tärkeää tavoitetta; tiedon siirtäminen vanhemmalta sukupolvelta nuoremmalle, sekä opiskelijoiden innostaminen alalle, jotta tulevai-

suudessakin olisi olemassa nuori sukupolvi, jolle tietoa siirtää.

Seminaarin päätyttyä vuorossa oli särä-illallinen Lappeenrannan naapurikunnassa Lemillä. Ohjelmassa mainittu ”Special Särä-dinner” oli kuulemma etukäteen herättänyt epäilyksiä, joten kerrottakoon että särä ei ole lappeenranta-laistekkarien jäynä, vaan se todellakin on Lemin seudun perinneruoka.

Loviisaan ja Espooseen

Viimeisenä päivänä ohjelmassa oli aamupäivällä vierailu Loviisan voimalaitokselle, jossa isäntänämme toimi Jorma Aurela. Aluksi teimme bussilla kiertöajelun Hästholmenin saarella, ja näimme paikan johon Loviisa-3 rakennettaisiin. Lisäksi kävimme katsomassa Puolasta tuotuja reaktorikomponentteja, paineastiaa ja höyrystimiä. Kävimme myös jäteluolassa, johon laitoksella syntävä vähä- ja keskiaktiivinen jäte samoin kuin laitoksen käytöstäpoiston jälkeen syntävä purkujäte sijoitetaan. Fortumin tarjo-

aman lounaan jälkeen vierailimme vielä reaktorihallissa ja turbiinisalissa.

Loviisasta bussimme suuntasi Espooseen ja Otaniemeen, jossa sijaitti viimeinen vierailukohteemme Triga-reaktori, jota nykyään käytetään boorineutronikaappausterapiassa (BNCT). Isäntänämme toimi Seppo Salmenhaara, joka esitteli meille hoitotilat sekä selitti terapian periaatteen. BNCT-hoito on vielä kokeiluasteella ja sitä käytetään pahanlaatuisiin aivokasvaimiin. Potilaalle annetaan booria, joka kertyy kasvaimen. Neutronikaappauksen ansiosta boorissa syntyy alfa-hiukkasia, jotka tuhoavat kasvainta. Otaniemen laboratoriossa potilaita on hoidettu kesäkuusta 1999 saakka.

Triga-vierailun jälkeen YG-tapahtuma oli ohi, ja suurin osa osallistujista lähti kesäloman viettoon uutta tietoa ja uusia tuttavuuksia rikkaampina. ■



DI Minna Tuomainen
Tutkija, VTT Energia
email: minna.tuomainen@vtt.fi

TKL Juhani Vihavainen
Tutkija, LTKK / Energiateknikka
email: vihis@lut.fi



Westinghousen edistyneet kevytvesireaktorit

Uusi Westinghouse Electric -yhtiö käsittää viime toukokuusta alkaen ABB:n aikaisemmat ydinvoimalan liiketoimet. Uuden ydinalan yhtiön tulevaisuuden näkymänä on tulla maailmanlaajuisesti vaihtoehtoiseksi toimittajaksi. Westinghouseella on tänään 9300 työntekijää, jotka kaikki ovat omistautuneet ydinvoimalle. Voimavarat on organisoitu erillisiin liiketoimintayksiköihin: uudet laitokset, ydinpolttoaine, ydinteknillinen automaatio sekä ydinteknillinen huolto.

Ruotsissa sijaitsevan Westinghouse Atomin 1000 työntekijää muodostavat erillisen liiketoimintayksikön vastuualueenaan BWR-teknikka.

Uudella Westinghouseella on useita edistyneitä kevytvesireaktorien konstruktioita. Suomen kannalta erityisen kiinnostavia ovat jatkuvaan kehitykseen perustuva suuri BWR-konstruktio sekä edistynyt passiivinen PWR-konstruktio. Laitokset esitellään pääpiirteittäin seuraavassa.

BWR 90+

Westinghouse Atom (ennen ABB Atom) on rakentanut yksitoista, omaan riippumattomaan BWR-teknikkaan perustuvaa kiehutusvesireaktoria. Kuusi näistä on niin sanottuja edistyneitä konstruktioita ja niistä edelleen kaksi on Suomen Olkiluodossa TVO:n omistamina ja käyttäminä. Näiden kuuden yksikön yhteenlaskettu käyttökokemus kattaa noin 100 käyttövuotta keskimääräisen käyttökertoimen ollessa 91,2%. Olkiluodon laitosten käyttökertoimet ovat tätäkin korkeampia; vuoden 1999 luvut ovat 96,8% ja 96,6% polttoaineen vaihtoon käytetyt seisokit mukaan lukien. TVO:n yksiköiden erinomainen käytettävyyys yhdessä suoritettujen tehonkorotusten kanssa on johtanut alkuperäistä oleellisesti suurempaan sähkön tuotantoon.

Tekniikan kehittäminen

Vuosina 1991-93 ABB Atom toi esiin BWR 90:ksi nimetyn uuden, jatkuvaan kehitykseen perustuvan konstruktion ehdotuksena viidenneksi ydinvoimalaitokseksi. Laitoskonstruktion kehitys on jatkunut siitä lähtien läheisessä yhteistyössä TVO:n sekä Ruotsissa olevien BWR-laitosten omistajien kanssa. Uusimmasta konstruktioista käytetään nimitystä BWR 90+. Turvallisuuden, investointikustannusten, rakennusajan sekä käyttöön ja ylläpitoon liittyvän käytännön osalta on suoritettu merkittäviä uudistuksia, jotka johtavat entistäkin parempaan turvalli-

suuteen sekä kokonaistalouteen. Rinnakkain edellisten kanssa BWR 90/90+ :tä on tarkasteltu eurooppalaisten voimayhtiöiden vaatimusten - European Utility Requirements (EUR) - suhteen. Suomen voimayhtiöt ovat osallistuneet tähän aktiivisesti. Vuonna 1999 ilmestyi EUR Volume 3 Subset for BWR 90/90+.

BWR 90+ -konstruktion tavoitteena on laitos, joka täyttää sekä Suomen että EUR:n vaatimukset ja tarjoaa kustannuksiltaan edullisen sähköntuotannon. Laitos on tyyppiltään kiehutusvesireaktori, joka on varustettu sisäisillä pääkiertopumpuilla, hienosäätöisillä säätösauvakoneistoilla, jotka toimivat rinnakkain sekä sähkömoottoreilla että hydraulisella paineella, esijännitetystä betonista tehdyllä suojarakennuksella sekä neljään fyysisesti eroteltuihin riippumattomiin osiin jaetulla teknisellä turvajärjestelmällä. Nämä ratkaisut ovat olleet käytössä jo useita vuosia Suomessa ja Ruotsissa olevissa edistyneissä ydinvoimayksiköissä.

BWR 90+:n yleispiirteitä

Konstruktio pohjautuu kiinteästi ABB Atomin varhaisempiin BWR-konstruktioihin - lähinnä BWR 75:een - jatkuvan kehityksen pohjalta. BWR 90+ -konstruktioita ohjaavat luotettavuuteen ja koeteltuun konstruktion liittyvät huolelliset tarkastelut. Sähkön luotettava tuotanto on varmistettu käyttämällä koeteltua järjestelmäsuunnittelua ja koeteltuja komponentteja. Uudistuksia tehtäessä käytetään vain pieniä muutoksia.

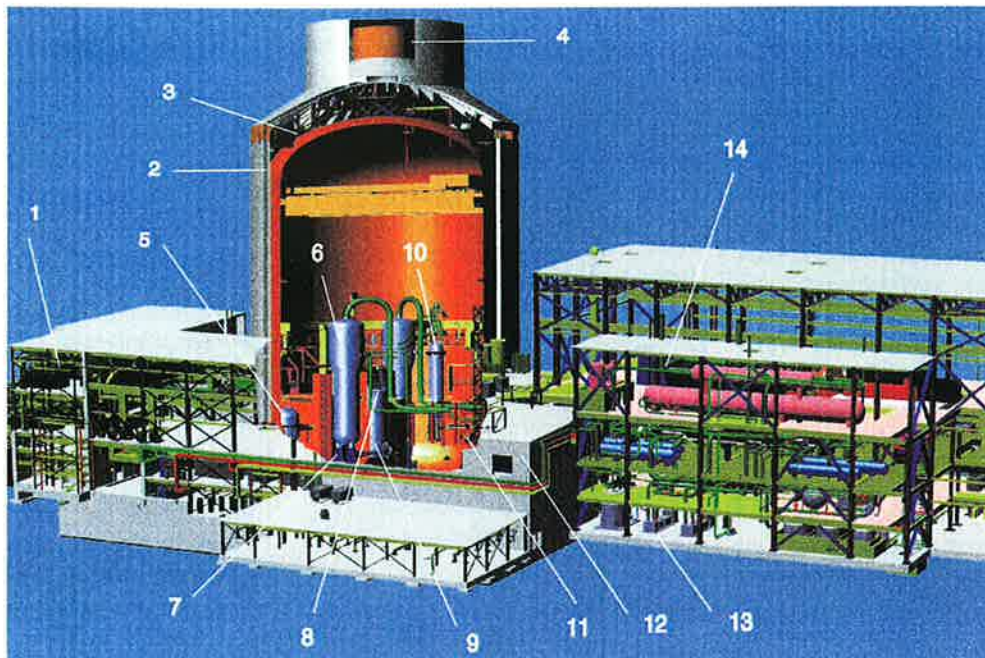
Turvallisuus

STUK:n viimeisimmät vaatimukset huomioita ottaen sekä käyttämällä hyväksi uusinta tekniikkaa uusi konstruktio omaa enemmän passiivisia piirteitä ja toimintoja. Niinikään vakavan onnettomuuden seurausten lieventämiseen liittyviä ominaisuuksia on kehitetty edelleen. Reaktorin suojaraken-

Joitakin BWR 90+ -konstruktion suoritusarvoja:

- nimellisteho 1500 MWe
- rakennusaika alle 1500 päivää
- energiakäytettävyyys yli 90 %
- polttoainevaihdon seisokki 15-20 päivää/vuosi.

AP600



1. Fuel Handling Area, 2. Concrete Shield Building, 3. Steel Containment, 4. Passive Containment Cooling Water Tank, 5. Core Makeup Tanks (2), 6. Steam Generators (2), 7. Reactor Coolant Pumps (4), 8. Integrated Head Package, 9. Reactor Vessel, 10. Pressurizer, 11. Passive Residual Heat Removal Heat Exchanger, 12. Main Control Room, 13. Feedwater Pumps, 14. Turbine Generator.

nus on suunniteltu uudelleen siten, että siinä on sydänsulan kerääjä ja että polttoaineen vaihdon aikainen jäähtytteenmenetyssonnettomuus on estetty. STUK:n uusimmat vaatimukset on täten täytetty. Uuden konstruktion todentaminen on käynnissä yhteistyössä TVO:n ja VTT:n kanssa.

BWR 90+ -konstruktiota voidaan luonnehtia kombinaationa, jossa on piirteitä ABB:n aikaisemmista laitoksista sekä edistynyt suojarakennus, joka antaa tehokkaan suojan vakavan onnettomuuden seurauksia vastaan.

Modulaarinen rakentaminen

Suojarakennuksen ja reaktorirakennuksen uusi layout sekä uudenaikaiset rakennusmenetelmät ovat johtaneet rakennusajan merkittävään lyhentymiseen. Suojarakennus on suunniteltu modulaarista rakennustapaa varten käyttäen hyväksi suuria tehdasvalmisteisia rakenneosia ja liukuvalua. Tehdasvalmisteiset osat, putkiston sekä sähkölaitteiden modulaarinen asennus sekä erittäin suuren nosturin käyttö reaktoripaineastian ja muiden raskaiden osien asennukseen ovat muita silmiinpistäviä erityispiirteitä. Rakennukset on suunniteltu uudestaan. Rakennusten tilavuus on saatu pienennetyksi suuremmasta tehosta huolimatta. Tämä puolestaan helpottaa uusien

Turvajärjestelmien erityispiirteitä:

- Redundanttisten turvajärjestelmien johdonmukainen fyysinen erottelu, mikä johtaa tehokkaaseen konstruktion tulipalon, tulvimisen jne. suhteen.
- Turvajärjestelmissä käytetään koeteltua tekniikkaa
- Passiiviseen turvallisuuteen liittyviä piirteitä on käytetty vain odotettavissa olevien tapahtumien suhteen.

kustannuksiltaan edullisten rakennusmenetelmien käyttöönottoa.

Rakennettavuus, käytettävyys ja ylläpidettävyys

Koska BWR 90+ on jatkuvaan kehitykseen perustuva konstruktiotyyppi, on odotettavissa että käytettävyys ja ylläpidettävyys liittyvät ominaisuudet ovat vähintäänkin yhtä hyviä kuin jo käytössä olevilla laitoksilla Olkiluoto 1:llä ja 2:lla. Uusia parannuksia on kehitetty yhteistyössä sekä Suomessa että Ruotsissa käytössä olevien laitosten henkilökunnan kanssa. Tavoitteena on entistäkin parempi käytettävyys ja toisaalta pienempi altistus henkilökunnalle va-

litsemalla materiaalit huolellisesti, käyttämällä tehokkaita puhdistusjärjestelmiä ja muita konstruktion ominaisuuksia, jotka helpottavat tarkastusta sekä ylläpitoa ja korjausta tai vähentävät niiden tarvetta. Lisäksi nämä muutokset helpottavat laitoksen käyttöä.

Passiivisten laitosten tekniikka

Kun Yhdysvalloissa ei ollut vuosikausiin rakennettu uusia ydinvoimalaitoksia, päätti joukko ydinvoimayhtiöiden johtohenkilöitä laatia ohjelman useiden uusien edistyneiden ydinvoimalaitoskonstruktioiden kehittämiseksi. Uusien konstruktioiden tuli täyttää heidän odotuksensa seuraavan polven reaktoreista (edistyneiden kevytvesireaktorien ohjelma, the Advanced Light Water Reactor, ALWR Program). Sovittiin turvallisuuteen, käyttöön ja taloudelliseen suoritukseen liittyvistä kriteereistä. Rahoitus järjestettiin vastaamaan tavoitteita.

Yleisön turvallisuuden lisäksi tuotantokustannukset, tunnettu käyttösuoritus, odotettu tuotannon kasvu ja verkon koko sekä ympäristövaikutukset vaikuttavat kaikki päätökseen uudesta tuotannosta. Useita yksityiskohtaisia selvityksiä suoritettiin Yhdysvalloissa ja Euroopassa opastamaan tulevaisuuden tuotantoa. Toimenpiteet on esitetty voimayhtiöiden vaatimuksissa, the

Utility Requirements Documents (URD). Yhdysvalloissa ja Euroopassa laaditut dokumentit poikkeavat jonkin verran toisistaan johtuen paikallisista vaatimuksista, mutta molemmille dokumenteille yhteiset pääasialliset kriteerit on siirretty Westinghousen edistyneisiin passiivisiin laitoksiin.

Westinghousen kaikkien edistyneiden passiivisten laitostensuunnittelutavoitteena on olla kilpailukykyinen halvimpaan vaihtoehtoon, maakaasuun verrattuna, samalla täyttäen URD-vaatimukset.

Passiivisten laitosten keskeiset suunnitteluperusteet:

- Sydämen sulamistaajuus alle 10^{-5} kertaa/reaktorivuosi
- Annosrajan ylitys ulkopuolella alle 10^{-6} kertaa/reaktorivuosi
- Laitoksen käytettävyys yli 85 %
- Polttoainekierto 18 kuukautta tai pidempi
- Polttoaineen palama 60000 MWd/tonni
- Rakennusaika 36 kuukautta
- Viranomaistarkastus
- Hyväksytty alkuperäisessa
- Ei teknillisiä riskejä
- Käytetään vain koeteltuja komponentteja

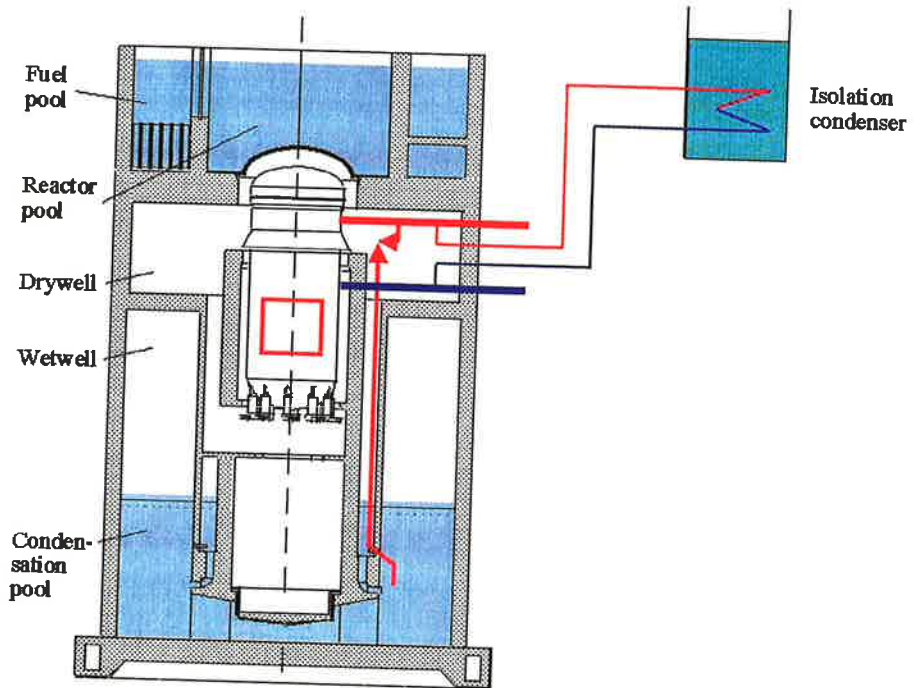
AP600

AP600 on Westinghousen standardi painevesireaktori (PWR), jolla on Yhdysvaltain viranomaisen (USNRC:n) hyväksyntä Final Design Approval, joka julkaistiin 3. syyskuuta 1998.

Konstruktion pikkutarkka tarkastus USNRC:n toimesta - joka päätyi dokumentteihin Final Design Approval (FDA) ja Design Certification -helpottaa lisensointia

BWR 90+:n merkittävimmät parannukset:

- Suojarakennuksen konstruktiota on muutettu viimeisimpään käytössä olevaan ABB Atomin laitokseen verrattuna mm lyhyemmän rakennusajan saavuttamiseksi sekä suorituksen ja käyttäytymisen parantamiseksi vakavan onnettomuuden yhteydessä.
- Sydämen koko on muutettu 700:sta 872 nippuun. Sydämen suunnittelu perustuu ABB Atomin edistyneeseen polttoaineeseen SVEA-96S Optima2.
- Reaktoripaineastian hitsiliitosten määrää on vähennetty erityisesti paineastian alaosassa ja sydämen tasolla.
- Höyrynerotin perustuu edistyneeseen ja entistä parempaan konstruktiin
- Sydämen suihkutussuunnitelma on korvattu sydämen vedellä kattamisella
- Pääkiertopumppujen lukumäärää on suurennettu
- Käytetään uudenaikaista prosessin valvonta- ja kommunikaatiojärjestelmää
- Reaktorirakennuksen tilavuutta on pienennetty samalla kun redundanttisten turvajärjestelmien sekä turva- ja konventionaalisten järjestelmien välistä fyysistä erottelua on parannettu.



BWR 90+ -konseptin reaktorirakennuksen järjestelyt.

kansainvälisen viranomaisen tarkastuksen yhteydessä.

Teknilliset pääarvot

AP600 on 637 MWe:n painevesireaktori jossa on edistyneitä passiivisia piirteitä. Laitoksen konstruktiota on yksinkertaistettu voimaperäisesti tavoitteena helpottaa laitoksen rakentamista, käyttöä ja huoltoa.

AP600:n turvajärjestelmien ensisijaisena periaatteena on pohjautua suoraan luonnonvoimiin, kuten paineistettuun kaasuun,

painovoimaan ja luonnonkiertoon. Turvajärjestelmissä ei käytetä aktiivisia komponentteja, kuten pumppuja tai dieselgeneraattoreita. Niinkään ne on suunniteltu toimimaan ilman turvallisuusluokiteltuja apujärjestelmiä, jotka tarvitsisivat vaihtovirtaa, komponenttien jäähdytysvettä, käyttövettä tai korkeajännitettä.

Ydintekniset järjestelmät

Yksinkertaistettu reaktorin jäähdytysjärjestelmä

Reaktorin jäähdytysjärjestelmä on esitetty oheisessa kuvassa. Jäähdytysjärjestelmä koostuu kahdesta lämmön siirtojärjestelmästä, joilla kummallakin on pystysuora höyrykehitin ja kaksi reaktorin jäähdytyspumppua, yksi kuumahaara ja kaksi kylmähaaraa jäähdytysveden kierrättämiseen reaktorin ja höyrygeneraattorien välillä.

Reaktorisydän

AP600:n sydän, paineastia ja sisäosat ovat oleellisilta osiltaan samat kuin Westinghousen tavanomaisessa PWR-konstruktiossa. Polttoaine on suorakulmainen 17 x 17, jonka erityispiirteinä on irrotettava ylä-

tuki ja korkeampi palama. Näiden tarkoituksena on parantaa AP600:n suorituskykyä.

AP 600:ssa on enemmän polttoainepuja kuin varhaisemmissa 600 MWe:n PWR-laitoksissa. Tästä seuraa polttoaineen alhaisempi rikastus ja vähäisempi riippuvuus absorbaattoreista. Radiaalisen neutroniheijastimen käyttö vähentää omalta osaltaan polttoainekierron kustannuksia ja pidentää reaktorin käyttöikää vähentäessään paineistaa vaurioittavaa neutroniannosta.

Instrumentointi ja valvontajärjestelmä

AP600:ssa johdonmukaisesti käytetty digitaalitekniikka pienentää laitoksen kokoa, kustannuksia ja rakennusaikaa. Se yksinkertaistaa myös laitteistojen suunnittelua, turvallisuuden kvalifiointia sekä laitoksen käyttöä ja ylläpitoa.

Layout ja rakenne

Laitos koostuu viidestä pääasiallisesta rakennuksesta:

- ydinteknilliset laitteet
- turbiinirakennus
- sivurakennus
- dieselgeneraattorirakennus
- jäterakennus

Ydinteknilliset laitteet käsittävät suojarakennuksen, suojausrakennuksen ja apurakennuksen. Nämä kaikki on rakennettu yhteiselle perustalle. Modulaarista rakentamista on käytetty laajamittaisesti rakennekomponenttien, putkituksen ja laitteistojen osalta, mikä lyhentää rakennusaikaa ja parantaa valmistuksen laatua.

Laitoksen rakenne on suunniteltu siten, että turva- ja tavanomaiset järjestelmät on erotettu toisistaan ja että myös radioaktiiviset ja ei-radioaktiiviset laitteet saavat riittävän suojausten säteilyaltistuksen vähentämiseksi.

Suojarakennuksen passiiviset järjestelmät

Passiiviset järjestelmät käyttävät hyväkseen toiminnassaan luonnon voimia ja varastoitua energiaa. Ne ovat erittäin luotettavia, koska ne sinänsä harvinaisessa onnettomuustilanteessa - samanaikaisesti kun ei-turvajärjestelmät eivät ole käytettävissä - eivät edellytä moottorien, pumppujen tai dieselgeneraattorien käynnistystä.

Reaktorisydämen passiivinen jäähdytysjärjestelmä sijaitsee suojarakennuksessa. Järjestelmän pääkomponentit ovat kaksi sy-

AP600:n oleelliset suunnitteluperiaatteet:

- laitoksen turvallisuus ei edellytä vaihtovirtaa
- passiiviset turvajärjestelmät eivät edellytä operaattorin toimenpiteitä 72 tuntiin onnettomuuden jälkeen
- koeteltu 17 x 17 polttoaine
- sydämen ennustettu sulamistajuus $2,5 \times 10^{-7}$ /vuosi
- merkittävän päästön taajuus $1,8 \times 10^{-8}$ /vuosi
- saatu säteilyannos alle 700 man mSv/vuosi
- 34 % vähemmän pumppuja
- 51 % vähemmän ASME:n mukaisia venttiilejä
- 79 % vähemmän ASME:n mukaisia putkistoja
- 70 % vähemmän kaapeleita
- 46 % pienempi maanjäristyksen huomioiva rakennustilavuus
- laitoksen kokonaiskäytettävyyden tavoite yli 90 %
- sähkön tuotannon kannalta oleelliset komponentit ovat tyyppiä, joista on hyviä käyttökokemuksia voimalaitoksissa

dämen syöttövesisäiliötä, kaksi paineistettua säiliötä, suojarakennuksen sisäpuolinen vesisäiliö, jälkilämmön siirron passiivinen lämmönvaihdin ja kaksi suutinta. Paineenalennuksen automaattiset venttiilit sijaitsevat paineistimen yläpuolella ja koostuvat kaksikerroksisesta venttiilimoduulista.

Kemian ja tilavuuden säädön laitteet sisältävä moduuli sijaitsee suojarakennuksessa. Tämä moduuli on kemian ja tilavuuden säätöjärjestelmien korkeapaineinen puhdistuspiiri. Tämä laitteistomoduuli on tyyppillinen laitoksen ulkopuolella valmistettu moduuli, joka tuodaan paikalle junalla tai kuorma-autolla.

Suojarakennuksen sisällä oleva polttoaineen vaihtoon liittyvä varastosäiliö (Refueling Water Storage Tank, IRWST) sijaitsee käyttötason alapuolella. IRWST:n kapasiteetti ylittää turvatoimintojen suorittamiseen tai polttoaineen vaihdon tilan täyttämiseen vaihdon aikana tarvittavan vesimäärän.

Passiivisia turvajärjestelmiä on käytetty jo aikaisemmin käytössä olevissa ydinvoimalaitoksissa. Paineistettujen säiliöiden toiminta on hyvin ymmärretty, koska ne kuuluvat lähes jokaiseen PWR -konstruktiin. Passiivinen lämpönielu - isolation condenser - kuului jo varhaisempien kevytvesireaktoreiden konstruktiin suljettuun luonnonkiertoon perustuvana lämmönsiir-

tojärjestelmänä. AP600:n jälkilämmön passiivinen siirtojärjestelmä on suunniteltu näiden kokemusten pohjalta. Muut kevytvesireaktorit ovat käyttäneet automaattista paineenalennusta ja suuttimia jo vuosien ajan. Automaattinen paineenalennusjärjestelmä käyttää suuttimia reaktorin jäähdytysjärjestelmän paineen alennukseen IRWST:hen suojarakennuksen sijasta suojarakennuksen puhdistustarpeen vähentämiseksi.

Testaukset

AP600-ohjelman tärkeänä osana on suorituskyvyn varmistava testaus. Turvajärjestelmien suorituskykyä testattiin yksityiskohtaisesti kolmen vuoden ajan USNRC:n valvonnassa. Testausten saattaminen menestyksekkäästi päätökseen tekee AP600:sta USNRC:n seikkaperäisimmin testaaman reaktorin.

Testausohjelmaan kuului:

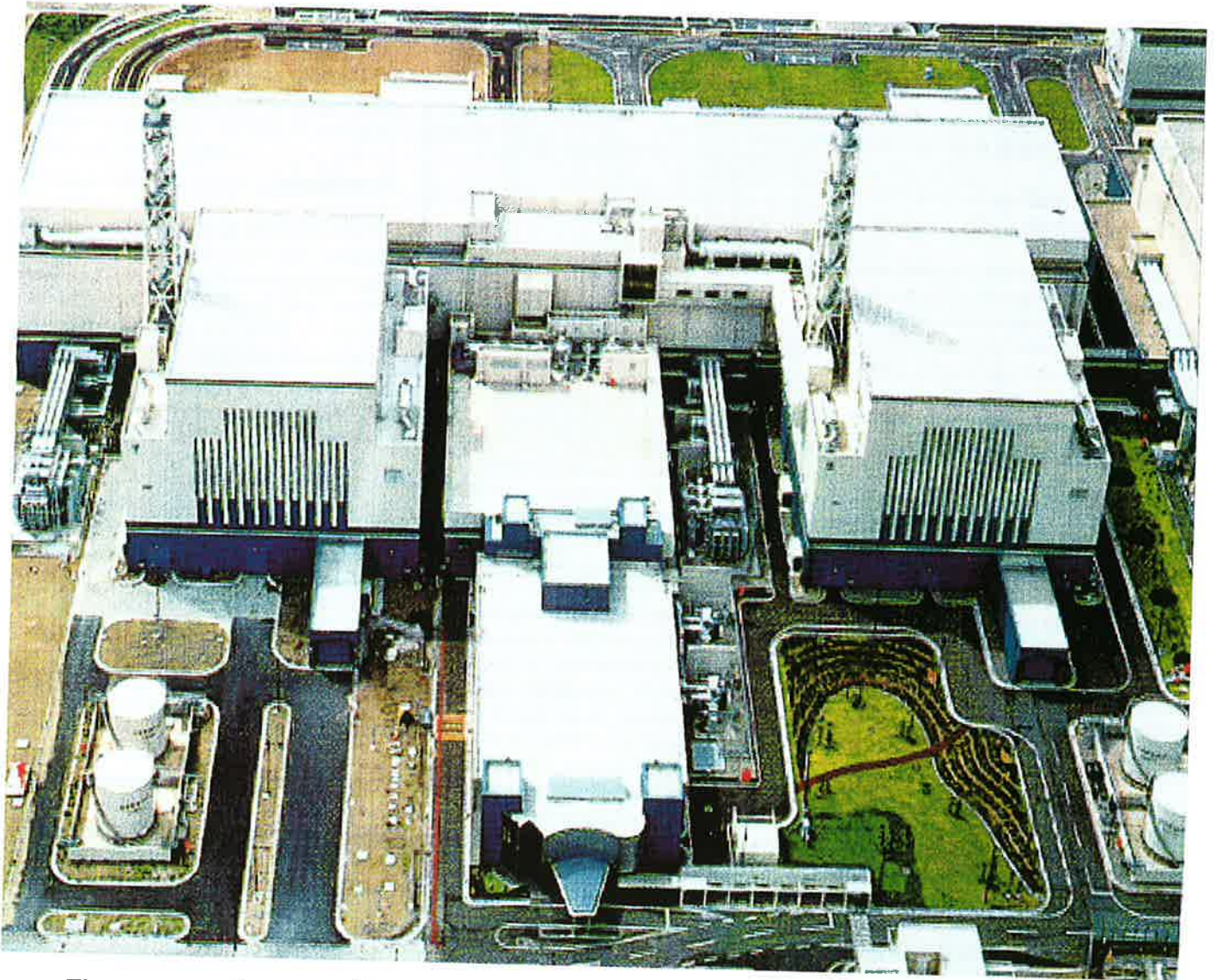
- suojarakennuksen passiivinen jäähdytysjärjestelmä,
- sydämen passiivinen jäähdytysjärjestelmä ja
- automaattisen paineenalennuksen testaus.

AP600:n ohella Westinghouse on mukana ohjelmissa, joissa vastaavanlaisia passiivisia ominaisuuksia sovelletaan suuremmilla tehotosoilla.

Tuotantokustannukset

Turvallisuuden jälkeen tuotantokustannukset ovat olleet edistyneen passiivisen tekniikan ajavana voimana. Saattamalla konstruktiioleellisesti yksinkertaisemmaksi, rakentaminen nopeammaksi, luotettavuus erittäin korkeaksi ja neutronitalous hyväksi on saavutettu tuotantokustannukset jotka vastaavat kustannuksia käytettäessä fossiilisia polttoaineita tai uudistuvia energialähteitä. ■

The Business of Nuclear Power



The measures of a successful nuclear power plant design, true now as they have been for the last 40 years, are safety, economics and social impact. In the era of electric utility de-regulation a new measure emerges and takes on increasing importance – business risk management.

Kashiwazaki units 6 & 7, the world's first ABWRs, are now in their fourth cycle of operation.

GE's Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) nuclear plant typifies the new generation of advanced nuclear plant (ANP) designs that have achieved higher levels of safety and can compete economically in today's fiercely competitive power generation market. ANPs are also notable for meeting the test of sustainable development, enabling solid economic growth while preserving the envi-

ronment for future generations. GE's ABWR is notable also for its appeal to business managers and the financial community. Because it has been licensed, built and operated and because the GE-led supply team has a proven track record of success, the financial risk to the potential owner of a new ABWR is correspondingly less.

Advanced Nuclear Plants

A new era of safe, affordable and environmentally sound nuclear electricity was ushered in when the world's first Advanced Nuclear Plant (ANP) entered commercial operation in Japan. Kashiwazaki-Kariwa Unit 6, an ABWR unit supplied by GE Nuclear Energy and owned and operated by the Tokyo Electric Power Company (TEPCO), began commercial operation on November 7, 1996. Unit 7, a second ABWR, followed shortly thereafter with commercial operation commencing on July 2, 1997. These are the sixteenth and seventeenth nuclear units operated by The Tokyo Electric Power Company and are the first of many ABWRs to be built in Japan over the next 10 to 20 years.

Both units set world records for time of construction. From first concrete to fuel load, it took just 36.5 months to construct Unit 6 and 38.3 months for Unit 7. The Unit 6 construction time was about ten months less than the average time it took to construct the previous nuclear units at the Kashiwazaki site. In addition, the project was brought in on a very tight budget, which is an impressive performance since these were first-of-a-kind units. Both units are now in their fourth cycle of operation and by all measures have been resounding successes.

The Taiwan Power Company is constructing two more ABWRs. These two units are expected to enter commercial operation in 2004 and 2005 and provide the people of Taiwan with large amounts of low cost electricity with minimal environmental impact. The Lungmen ABWRs are based upon the U.S. ABWR design that was reviewed and approved by the USNRC. The US design is fundamentally the same as the Japanese designs but has design features that are intended to meet both US regulatory requirements and US industry codes and standards.

At the end of August 2000, the foundations for the containment and the reactor building were complete. Building walls are now being erected and equipment is being installed. The next major milestone will

occur in July 2001 when the reactor pressure vessel for unit 1 will be brought to site and installed.

Higher Levels of Safety

GE's ABWR nuclear plant meets the test of ever increasing levels of safety. The core damage frequency, the most common measure of safety, is 100 times lower than present operating plants, as a direct result of using Probabilistic Safety Analyses to guide the design, an industry first.

Information on the improvements made in the ABWR is found in many sources, including the ABWR Standard Safety Analysis Report (SSAR) approved by the U.S. Nuclear Regulatory Commission. These sources indicated that there a few key reasons why the chances of an accident leading to core damage are significantly reduced for the ABWR:

- The design has been simplified
- Plant and equipment are more rugged
- Safety systems are more redundant and diverse
- The plant has features to mitigate Severe Accidents.

The ABWR is the first nuclear plant ever to be designed to meet the USNRC's new requirements for Severe Accidents. This means that the ABWR has features that prevent the release of radiation even in the unlikely event that the core and plant are "severely" damaged. Furthermore, these features do not require operator action and are referred to as "passive" safety features because they use natural forces such as gravity or convection to work. These features have been fully approved by the USNRC.

The ABWR has received regulatory approval in the United States, Japan, and Taiwan and is being adapted to meet European safety requirements through utility sponsorship programs.

The ABWR was scrutinized and licensed by the United States Nuclear Regulatory Commission (NRC) in what has been described as the most exhausting review ever undertaken by the NRC. It was likewise li-

censed to very high Japanese standards and continues to be reviewed by Japanese authorities as new ABWR plants are deployed in that country. Finally, the ABWR has received regulatory approval in Taiwan in the form of a Preliminary Safety Analyses Report, issued in late 1998 and a construction permit in March 1999.

For potential European projects, the ABWR design is currently being reviewed by a team of European utilities against European requirements for advanced nuclear plant design. The ABWR design is likewise being adapted to Finnish regulatory requirements.

A full and detailed technical description of the ABWR safety features is found in the book entitled ABWR Plant General Description. A copy of this book in printed form or on a CD is available by contacting either of the authors.

Competitive Economics

Second only to safety is the need for nuclear power to be economic. Nuclear power plants have very low production costs (the sum of fuel and O&M costs), second only to those of hydroelectric plants. This ensures that the output will be readily dispatched and that the nuclear plant will be base loaded. In the U.S., for example, nuclear production costs are as low as \$11 to \$13 per MWhr, roughly a \$5/MWhr for O&M and \$6/MWhr for fuel. By comparison, combined cycle natural-gas plants have production costs around \$25 to \$30 per MWhr.

The economic challenge for new nuclear plants is low capital costs. In a de-regulated market, the plant owner will sell his electricity at whatever price is prevailing in the open market. From this revenue he has to cover his production costs and have enough left over to retire debt and provide a reasonable return on the equity investment made by shareholders. The financial arithmetic here is straightforward. If price of electricity in the open market, the so-called clearing price, is \$30/MWhr, which it is when natural gas prices are \$2.0 to \$2.5 MBTUs, then

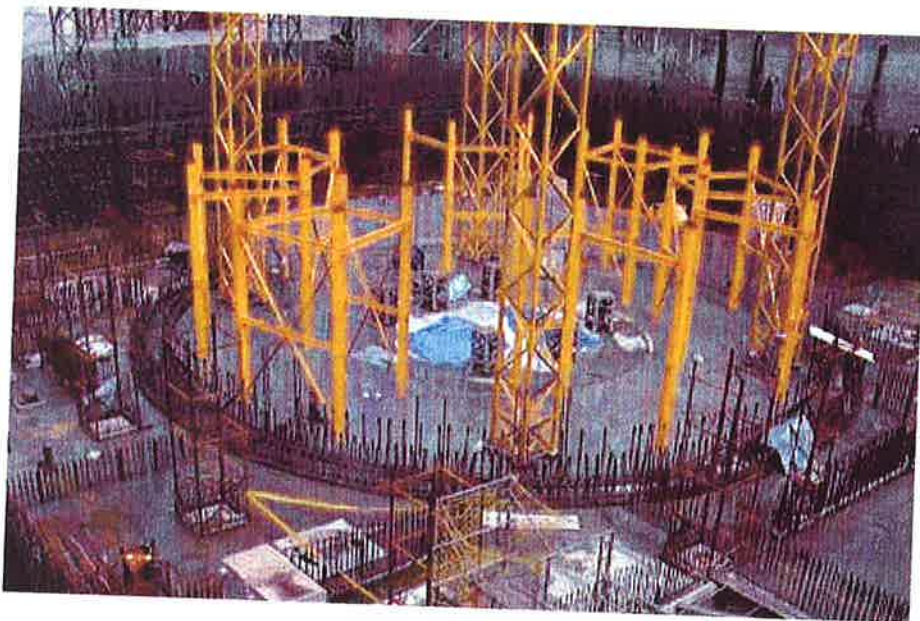
the there will be about \$20/MWhr to cover the debt and equity needs. This translates to about \$1,000/kW of capital costs. If the clearing price is \$40/MWhr, which it is if natural gas prices are \$4.0/MBTU, then the nuclear capital cost can be \$1,400/kW.

The next ABWR to be built will be the fifth in the series. We have seen the learning curve effect as costs have declined significantly. If the next ABWR were to be built in the U.S., we estimate, using an ex-

In addition, large nuclear plants play a very important role in providing "voltage support", that is, in maintaining the voltage levels of the grid. It is a feature of transmission networks that voltage levels will "sag" or drop if there is an over dependence on imported electricity. For reasons of economics, price stability and grid planning, a large nuclear is a very valuable in-country resource.

ked, however, is the other half of the concept – economic development that results in job, prosperity, and an improvement in the quality of life, particularly in those parts of the world where there is a disparity between rich and the poor. In the United States, the President's Council on Sustainable Development wrote:

"We believe that to achieve our vision of sustainable development, some things must grow – jobs, productivity, wages, capital



Under Construction: The reactor building of the Lungmen ABWR. The circular shape at the center is the foundation of the containment.

tensive database of costs and quantities based upon the Lungmen project, that the cost would today be \$1,400/kW (overnight cost). We are aware of further cost reductions that would reduce the plant cost to \$1,200/kW.

Similar economic results can be obtained in Europe. A study by the University of Lappeenranta indicates that a base loaded nuclear plant would be the least cost option for Finland with the cost of nuclear electricity being 0.0215 euros per kWhr (\$23.65/MWhr) compared to 0.0241 for coal and 0.0261 for natural gas.

There are two additional features of nuclear electricity that make it very attractive for policy purposes. First, nuclear costs are mostly fixed. This means that year in and year out the cost of nuclear electricity is very stable and predictable. This should be attractive especially to businesses that are electricity intensive because it protects them from the volatility of open markets. For example, in the summer of 2000, prices in several US electricity markets doubled due to shortages and other reasons. Businesses and residential users were outraged.

Social Impact and Sustainable Development

Nuclear power will play an important role in meeting the conflicting needs for more electricity and for CO₂ reductions. In other words, nuclear plants such as the ABWR are a proven means to promote sustainable development.

Sustainable development has been defined as the ability "to meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs." The concept embraces the idea that investments in the production of energy be made wisely, so that they contribute to long term economic development without charting a course to environmental ruin.

There are two elements to the concept of sustainable development, that of sustainability and development and in most discussions of the subject the emphasis is surely on sustainability. There is no argument here that development should be capable of sustaining itself indefinitely by conserving environmental resources. Not to be overloo-

and savings, profits, information, knowledge and education – and others – pollution, waste, and poverty – must not."

More to the point, the same authors stated: "Both in the world and in the United States, there will be more people and they will aspire to better lives. Responding to those aspirations, particularly if prevalent patterns of consumption continue, will require the production of more goods and services. The challenge of sustainable development is to find ways to meet those needs without destroying the resources upon which future progress depends."

Nuclear energy meets the test of sustainability. We have seen, repeatedly, that countries that have invested in nuclear programs have been demonstrably rewarded with low cost electricity, economic growth, and the remediation of the damaging effects of burning fossil fuels. Several studies have shown that the construction of a nuclear power plant creates jobs, infuses new technologies, and generally stimulates economic growth within the host country. Developing economies look to nuclear projects as a source of technology and high

paying local jobs. Studies have also shown that a nuclear plant is a "good neighbor" with minimal impact on its surrounding and does not consume ecological resources. Finally, nuclear energy provides an answer for equity issues: it provides low cost electricity to large numbers of people, rich and poor. It is perhaps the only energy source that can quickly and significantly raise the standard of living in developing countries.

Managing the Business Risk of a New Plant Project

De-regulation and open-market competition has required the owners of nuclear plants to pay close attention to the business aspects of operating their facilities. Thus, a new nuclear project will be scrutinized in terms of the business risks and how a plant design and its supplier help to manage those risks. The risks that need to be considered are those associated with: the market for electricity, the licensing and construction of the plant itself, the operation of the new facility, the technical aspects of the plant design and financing the project.

In light of these many risks, what characteristics should a potential owner look for in a design and in a supplier?

- Licensing risk – can the plant be licensed on a reasonable and predictable schedule or will this become a lengthy effort that seriously effects the date of commercial operation

- Engineering risk – is the plant fully designed before construction starts or will there be new surprises that result in costly design changes and construction slowdowns when it is designed during the course of the project.

- Technology risk – will the plant perform as expected or will some unknown technical problem keep the plant shutdown and thus unable to meet its revenue projections?

- Cost risk – will the plant cost more than budgeted, threatening its ability to compete in the open market?

- Schedule risk – will the plant start generating electricity – and revenue – as planned or will the schedule become protracted leading to cost increases.

- Financing risk – will the new plant have predictable revenues and costs or is there uncertainty and lack of confidence by lenders and investors for the new project?

So, how does GE's ABWR measure up?

1. Licensing Risk

As has already been discussed, the ABWR has been designed to the highest standards of safety and has been licensed in three countries, including the U.S. where it went through an exhaustive review by the USNRC. This leads us to believe that it can be readily licensed in other countries. Moreover, the ABWR is being reviewed against European and Finnish safety requirements to identify any additional licensing concerns, well in advance of a project. A timely review schedule is also ensured by the existence of a Preliminary Safety Analyses Report for the Lungmen ABWR and a Final Safety Analyses Report for the US ABWR design. These documents can be quickly adapted for a new licensing review and submitted with a minimum of preparation time.

2. Engineering Risk

The ABWR is a fully designed plant complete with equipment and manufacturing drawings. Materials, quantities and costs are precisely known. This means there will be no major surprises during construction that would create costly delays and re-designs. This is also the basis upon which GE is able to offer a firm price for its scope of supply, eliminating that element of risk.

3. Technology Risk

The ABWR is the only advanced nuclear plant being offered that has actually been constructed. In fact, two ABWR units in Japan have a combined seven years of operational experience. Its owner, the Tokyo Electric Power Company, has published information that shows these plants have met or exceeded all of its design and performance goals and no technical problems or design flaws have surfaced. This is directly attributable to the \$500M, five year test and development program jointly undertaken by TEPCO, the other Japanese utilities that own BWRs, GE, Hitachi and Toshiba. The TEPCO units are enjoying high availability and capacity factors.

4. Cost and Schedule Risk

GE has eliminated this risk for new owners by offering the ABWR with both a fixed price and construction schedule, the same basis for the Japanese and Taiwan ABWR projects. This reflects the confidence that comes with the experience of having delive-

red four ABWR units on a strict budget and schedule.

5. Financing Risk

Obtaining financing for a new nuclear project is sometimes perceived as a significant obstacle to new construction. This perception is based upon bad experiences in the past with the U.S. being a case in point. The experience of Wall Street during the late 1970s and early 1980s was that it took 15 years and several billion dollars to complete a nuclear plant. Such perceptions tend to linger even though today nuclear plants are routinely built on budget and schedule.

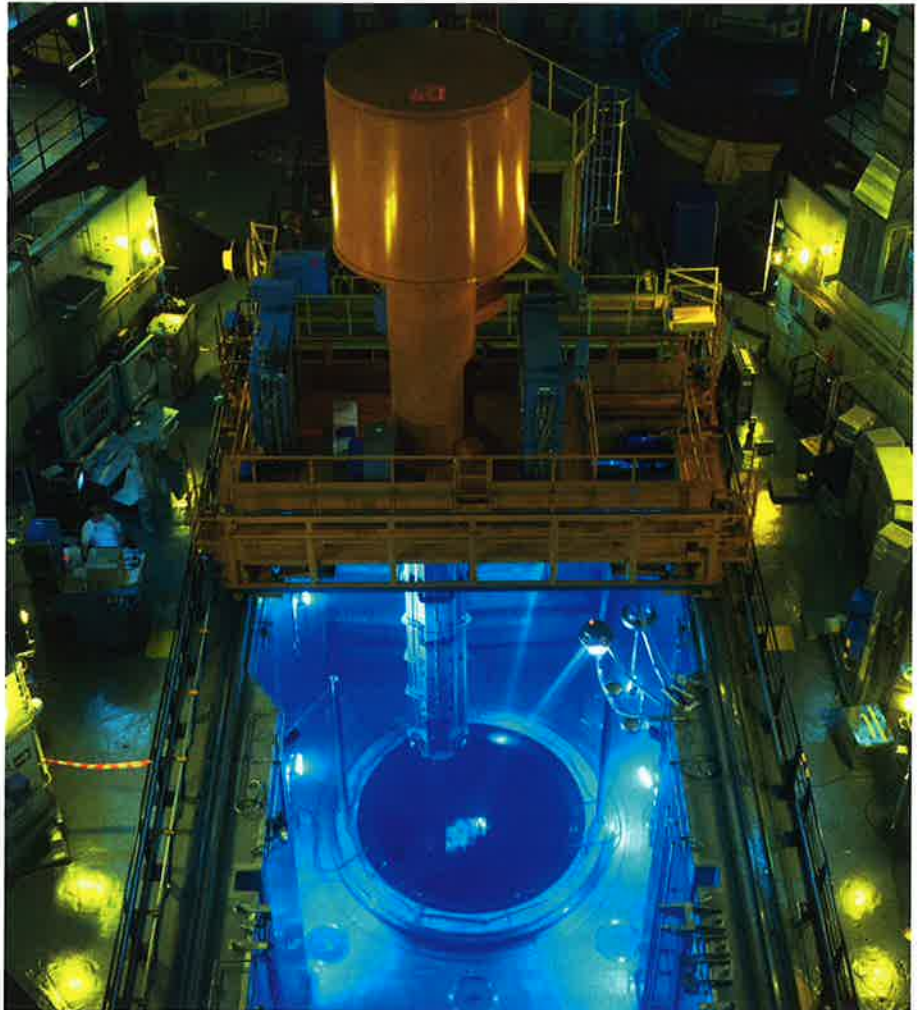
Lenders and investors, however, are practical people. They will finance a project, including a nuclear project, if they can be assured of a return on their investment. Investors look for a solid project pro forma sheet and this means that the potential owner must be able to demonstrate persuasively that revenues and project costs are predictable. A well-managed utility that has over time successfully operated nuclear plants (avoiding safety lapses, achieving high capacity factors, controlling costs) assures the financial community that targets for revenues and on-going operational costs will be achieved.

Likewise, a well-managed engineering and construction team that has experience building advanced nuclear plants assures investors that capital costs projections will not be exceeded and that the plant will be free of technical problems. The GE led team brings this kind of experience and management to a project. This actually has the effect of further reducing the owner's capital costs for the very good reason that strong project fundamentals lead to more favorable financing. A reduction of even 0.25% in the interest rate or a favorable change in debt-to-equity requirements can save tens of millions of dollars. ■

Suomen tulevat laitosvaihtoehdot: *Framatome ANP*

Framatome ja Siemens allekirjoittivat lopullisen sopimuksen ydinvoimaliiketoimintojensa yhdistämisestä 5.7.2000 kuusi kuukautta alkuperäisen aiesopimuksen allekirjoituksen jälkeen.

Yhteenliittymästä muodostuu uusi yritys nimeltään Framatome ANP (Advanced Nuclear Power), jonka sen perustajat omistavat yritykseen tuomansa liiketoiminnan suhteessa. Siemensin osuudeksi muodostuu 34% ja Framatomen 66%.



Uuden yrityksen on arvioitu olavan operatiivinen loppuvuodesta 2000. EU:n on annettava asialle oma hyväksymisensä. Framatome ja Siemens erottavat ensin ydinvoimaliiketoiminnan erillisiin yhtiöihin ja fuusioivat sitten nämä yhtiöt. Siemens on toteuttanut erotelun. Framatome saanee sen tehdyksi lokakuussa.

Fuusio synnyttää ydinvoima-alalle suur-yhtiön, jonka liikevaihto on yli kolme miljardia euroa ja joka työllistää noin 13.000 henkeä. Yritys toimii maailmanlaajuisesti ja tarjoaa asiakkailleen nykyisten laitosten ylläpitoon tarvittavia palveluja ja polttoainetta. Oleellista uuden yrityksen syntymisessä

on kuitenkin varautuminen ydinvoiman uuteen tulemiseen.

Maailman energiatarpeiden jatkuva kasvu ja hiilidioksidipäästöjen aikaansaaman ilmastomuutosten uhka nostaa ydinvoiman tärkeään asemaan ainoana ihmiskunnan laajassa mittakaavassa käytettävissä olevana päästöttömänä energiamuotona. Päästöongelmia on hyvin vaikea ratkaista. Framatome ANP uskoo, että ratkaisu on mahdollinen vain, jos kaikkia mahdollisia elementtejä ongelman ratkaisemiseksi hyödynnetään tehokkaasti, mukaanlukien ydinvoima.

Uuden yrityksen muodostumista edelsi Ranskassa Framatomen omistussuhteiden

uudelleenjärjestely. Elektroniikkaan keskittyvä Alcatel on luopunut osuudestaan ja Cogemasta on tullut Framatomen "referenssiomistaja" 30 % omistusosuudella. Omistusjärjestely tiivistää ydinvoimateollisuuden rivejä ja ilmentää hyvin sitä päättäväisyyttä, jolla ranskalainen ja myös saksalainen ydinvoimateollisuus suhtautuu tulevaisuuteen.

Framatome ANP:ssä yhdistyvät kiehutus- ja painevesilaitosten asiantuntemus ja yritys pystyykin tarjoamaan asiakkailleen kaksi tekniikaltaan ja kokoluokaltaan erilaista laitosvaihtoehtoa. Tuotevalikoima hyödyntää yhtiön koko ydinvoimaosaamisen ja tarjoaa ratkaisun erilaisille kapasiteettitarpeille.

Erilaisilla tekniikoilla vastataan yhteneväisiin tavoitteisiin. Laitoskehittelyä hallitsevat samat periaatteet. Vaikka nykyisten laitosten turvallisuustaso onkin sängen hyvä, suunnitelmat tähtäävät edelleen turvallisuuden merkittävään parantamiseen sekä onnettomuustodennäköisyyden alentamisen että onnettomuuksien hallinnan kehittämisen kautta.

Toinen yhteinen tekijä laitoskehittelyssä on referenssikustannusten alentaminen nykyisin käytössä olevia laitoksia alemmaksi. Kustannustarkastelu ottaa luonnollisesti huomioon investointi- ja polttoainekustannukset koko syklin osalta, käyttö- ja ylläpitokustannukset ja laitoksen käytön päätyttyä tapahtuvan purkamisen.

Siemens ja Framatome ovat rakentaneet yhteensä yli 100 laitosta. Uuden yrityksen vahvuus perustuukin siihen valtavan kokemuksen, joka on kertynyt näistä laitoksista niiden yli 1500 käyttövuoden aikana. Onkin luonnollista, että uudet laitokset ovat luonteeltaan evolutionäärisiä eivätkä revolutionäärisiä. Suurimmalle osalle sovellettavista ratkaisuista löytyy jossain muodossa referenssitoteutus olemassa olevista laitoksista. Utta on niiden optimaalinen yhdistely ja edelleenkehittely nyt tarjottavissa laitoksissa.

EPR – European Pressurized Reactor

EPR on Siemensin ja Framatomen 1989 aloittaman yhteistyön tulos. Perussuunnitelu on tehty NPI-nimisessä yhteisyrityksessä (Nuclear Power International). Se valmistui kesällä 1995. Saksan ja Ranskan turvallisuusviranomaiset ovat osallistuneet työhön vuodesta 1991 lähtien tehtäväänään hyväksyä laitoksen turvaratkaisut. Laitos on suunniteltu täyttämään EUR-vaatimukset (European Utility Requirements), jotka voimayh-



tiöt ovat yhdessä luoneet uusia laitoksia varten. EPR:n suunnittelusta muodostui todella kansainvälinen projekti, johon ovat osallistuneet ei vain Euroopan merkittävimmät sähkölaitokset vaan turvallisuusviranomaiset, kansalliset ja kansainväliset ydinvoimalan järjestöt maailmanlaajuisesti.

EPR on iso laitos. Seuraavalla sivulla olevasta taulukosta ilmenevät EPR:n reaktorin perustiedot verrattuna uusimpiin ranskalaisiin ja saksalaisiin laitoksiin.

Itse reaktori perustuu paljolti ranskalaisiin N4-laitoksiin, joista uusin kytketään verkkoon tämän syksyn kuluessa.

Suojarakennus on niinkään ranskalaista perua. Sisäkuori on esijännitettyä betonia ja se on tehty tiiviiksi pahojenkin onnettomuusvaihtoehtojen varalta.

Ulkokuori on vahvistettua betonia. Se on

mitoitettu kestämaan esim. sotilaslentokoneen törmäys. Kuorien välisessä tilassa ylläpidetään alipainetta tiiveyden tarkkailemiseksi.

Laitoksen suojajärjestelmä perustuu redundanteihin ja diversifioituihin järjestelmiin, jotka on systemaattisesti erotettu toisistaan, kuten rakennuksen pohjapiirrokselta hyvin ilmenee.

EPR:n turvallisuusfilosofia on kaksikulotteinen. Suojajärjestelmien kehittämällä pyritään estämään vaarallisten tilanteiden syntyminen. Järjestelmien fyysisellä systemaattisella erottamisella, yksinkertaistamisella, redundanssilla ja diversiteetillä pyritään tähän tavoitteeseen. Primääripiirin komponenttien nestetilavuuden kasvattamisella saadaan lisää toiminta-aikaa laitoksen käyttöhenkilökunnalle ja parannetulla hal-

	Framatome	NPI	Siemens
Laitos	N 4	EPR	KONVOI
Lämpöteho (MWth)	4250	4250	3850
Sähköteho (MWe)	1475	~1550	~1400
Höyrykehittäjiä kpl	4	4	4
Polttoainenuippuja kpl	205	241	193
Polttoaine-elementit	(17x17), -25	(17x17), -25	(18x18), -24
Aktiivinen pituus (cm)	427	420	390
Kokonaispituus (cm)	480	480	483
Lineaarinen lämpöteho (W/cm)	179	154.9	163
Säätösauvoja kpl	73	89	61
Reaktorin ulostulolämpötila(°C)	329.1	328.2	324.5
Höyrynpaine (bar)	72.5	78	64.5
	SWR 1000	Gundremmingen B ja C	
Lämpöteho MW	2778	3840	
Sähköteho MW	977	1373	
Polttoaine-nippuja kpl	568 (13x13)	784 (10x10)	
Aktiivinen korkeus cm	280	371	
Reaktoriastia			
Sisäkorkeus m	22,55	22,35	
Sisähalkaisija m	7	6,62	

lintajärjestelmällä helpotetaan laitoksen käyttöä.

Onnettomuuksien ehkäisyyn lisäksi erittäin paljon työtä on tehty onnettomuustilanteiden hallinnan kehittämiseksi. Suojarakennuksen rikkoutumiseen johtavan prosessin mahdollisuus on käytännöllisesti katsoen eliminoitu. Matalapaineisen sydänsulaonnettomuuden vaikutukset voidaan hallita. Suojarakennuksen integriteetti täytyy voida säilyttää onnettomuustapauksessa sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. EPR on varustettu reaktoriastian murtumisen varalta tilalla, johon sula massa saadaan tarvittaessa stabiloitua ja jäädytettyä.

Ranskalle EPR:n kehittämisellä on erityinen merkitys, koska se on suunniteltu aikanaan korvaamaan ikääntyvät ensimmäisen sukupolven painevesireaktorit. EPR on val-

mis tilattavaksi. Laitoksen varsinainen rakennusaika on viisi vuotta ja valmisteluunkin menee pari. Tilauspäätös on monen poliittisen mutkan takana, joten on vaikea sanoa kuinka kauan sitä saamme odottaa. Ranskan energiapolitiikka on saavuttanut strategiset tavoitteensa ja se on myös taloudellinen menestystarina. Laitokset ovat myös merkittävästi alentaneet kasvihuonepäästöjä. Ydinvoimapolitiikalla on oikeiston ja vasemmiston tuki, mutta tilauspäätöksen ajankohdan ennustaminen on vaikea tehtävä.

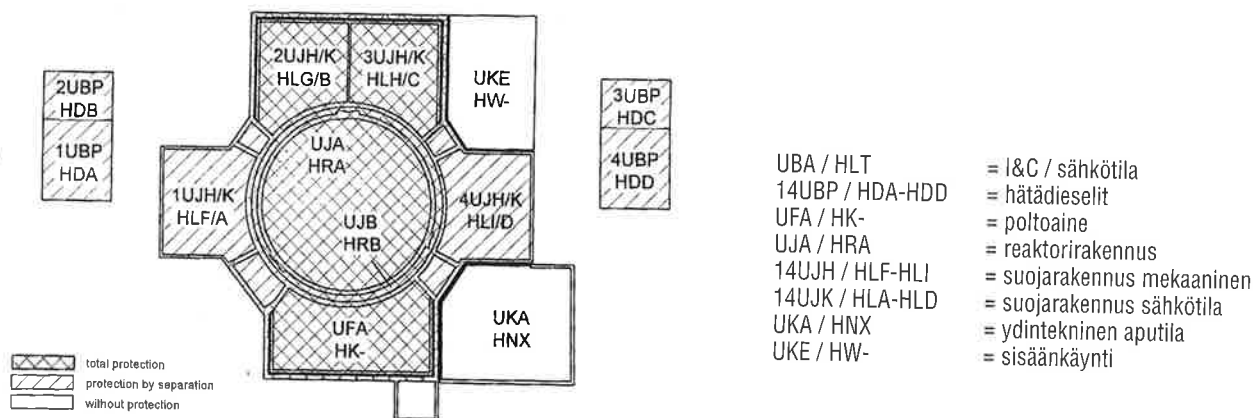
SWR 1000: Tulevaisuuden kiehtusvesilaitos

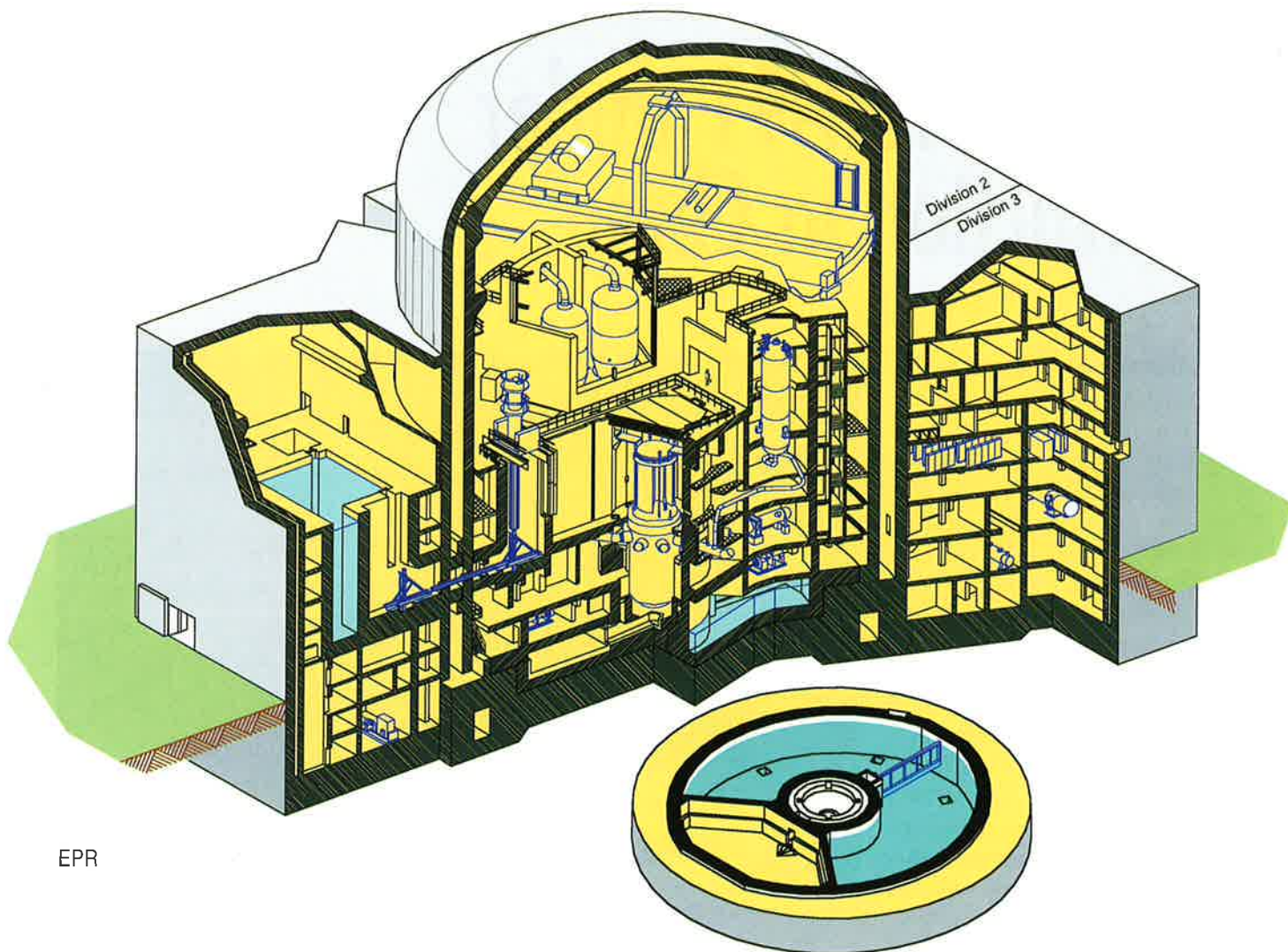
Gundremmingen B ja C -laitoksia, jotka käynnistyivät 1984 ja 1985, voidaan hyvällä syyllä pitää kehittyneinä BWR-laitoksina.

Laitoksilla on teräsvuorattu esijännitettyyn betoniin perustuva suojarakennus, kolminkertainen täysmitoitettu jälkilämmön poistojärjestelmä, reaktorin sisäiset kiertovesipumput ja hienosäätöiset ohjaussauvat. Ne jatkavat menestyksellä Siemensin perinteitä innovatiivisten kiehtusvesilaitosten toimittajana.

Seuraavan BWR-laitossukupolven kehittäminen käynnistyi 1992 saksalaisten voimayhtiöiden toimeksiannosta ja on jatkunut vuodesta 1995 myös muiden eurooppalaisten voimayhtiöiden kanssa yhteistyössä. Myös TVO on Suomesta ollut mukana tässä työssä, johon ovat osallistuneet NRG Hollannista, PSI Sveitsistä ja EdF Ranskasta. Laitos on valmis kaupallisesti tarjottavaksi kesästä 2000 lähtien.

BWR-tuotelinjan kehittelylle on kaksi





EPR

keskeistä syytä. Laitosturvallisuutta pyritään merkittävästi parantamaan nykyisestä korkeasta tasosta huolimatta ja vakavien onnettomuuksien hallinta hoitamaan siten, ettei ympäristöltä edellytetä mitään välittömiä hätätilatoimenpiteitä. Saksan lainsäädäntö edellyttää tämän periaatteen soveltamista. Toisaalta ydinvoiman on voitava vastata muiden energiamuotojen taholta tulevaan taloudelliseen kilpailuun.

Miten kehittää edelleen turvajärjestelmiä ja samalla alentaa investointi-, käyttö- ja huoltokustannuksia, siinä BWR-suunnittelijoiden haaste.

Nämä tavoitteet voidaan saavuttaa vain yksinkertaistamalla laitoksen turvajärjestelmiä ja myös niitä järjestelmiä, joita tarvitaan laitoksen normaalissa toiminnassa.

Passiivisten turvajärjestelmien periaate

Ydinlaitosten turvajärjestelmät olemassa-

olevilla laitoksilla ovat reaktorin suojajärjestelmän ohjaamia jatkuvaa sähkönsyöttöä edellyttäviä järjestelmiä.

Redundanttien järjestelmien lisääminen ei enää juurikaan lisää turvallisuutta. SWR 1000:n ratkaisu on ottaa käyttöön passiivisia suojajärjestelmiä, joiden toiminta ei ole instrumentoinnista riippuvaista ja jotka eivät edellytä sähkönsyöttöä. Järjestelmien toiminta perustuu painovoimaan, lämmön johtumiseen ja luonnolliseen konvektioon.

SWR 1000:n ominaisuudet verrattuna Gundremmingenin B ja C -laitokseen ilmenevät oheisesta taulukosta.

Kuten taulukosta ilmenee, SWR 1000:n mitoitus poikkeaa merkittävästi edeltäjistään, mikä onkin välttämätöntä passiivisten järjestelmien tarvitsemien volyyymien kannalta. Reaktorisydän on sijoitettu myös hyvin syvälle paineastiassa.

Passiivisesti toimivia järjestelmiä ovat reaktoriastian ja suojarakennuksen hätälauhduttimet. Järjestelmät toimivat ilman

mitään ulkoista signaalia tai liikkuvia osia. Merkittävä määrä venttiilejä ja ylivuotolinjat toimivat myös passiivisesti.

SWR 1000:n kehittäjät ovat perustaneet työnsä erittäin laajaan kokemukseen ja pyrkineet suunnittelemaan laitoksen, joka ottaa mahdollisimman hyvin huomioon lopullisen käyttäjän toiveet ja näkemykset. SWR 1000 on suunniteltu moderniksi, turvalliseksi, taloudelliseksi ja käyttäjäystävälliseksi laitokseksi.

Ekonomi Simo Brummer on Soffco Oy:n toimitusjohtaja, puh. (09) 5404 6210, e-mail: simo.brummer@soffco.fi

Russian VVER-91 under construction in China

The construction of two Russian designed 1000 MWe nuclear units is now intensively going on in China at Tianwan site some 300 km north from Chanchai. The concept known in Finland as VVER-91 has been offered for the construction. It represents an evolutionary development of a well known Russian NPP's technology with VVER-1000 reactors (reactor plant type V-428) and was developed in the early nineties in collaboration with Finnish company IVO Engineering (now Fortum Engineering). The project under construction has been thoroughly reconsidered and updated for China.



The main tasks for updating were:

- Achieving the NPP safety level corresponding to the current Russian standards and requirements;
- Adaptation of the design to the Chinese safety standards, customer requirements and specific conditions of the site including seismicity having in view international trends in respect to the PWR enhanced safety;
- Basing on the experience gained during the operation of the similar equipment and systems to eliminate weakpoints and problems found;
- Improving economical features of the project including capital costs.

As a result a number of modernization and improvements has been implemented and all the requested safety analyses completed on the main components and systems of the VVER-91 project for China. The expert assessments of VVER-91 with reactor plant type V-428 carried out in 1995-1998 by IAEC confirmed that the design generally met the requirements accepted in the world in respect to safety.

The following organizations and enterprises participate in the design work and deliveries for the Chinese project with VVER-91:

- JSC "Atomstroyexport", Moscow: contract holder, general responsibility for the project;
- Design institute "Atomenergoproekt", St. Petersburg: overall plant design;
- Special design bureau "Gidropress": reactor plant design;
- "Kurchatov Institute" Russian Scientific Center: nuclear safety and radiation protection issues;
- "Izhorskie Zavody" (Izhora Works), St. Petersburg: supply and design of reactor plant components;
- "Leningradsky Metallichesky Zavod" (LMZ Works), St. Petersburg: supply and design of a turbine plant;
- "Electrosila" Works, St. Petersburg: supply and design of an electric turbo-generator.

There is a number of other Russian organizations and enterprises with years of ex-



perience in nuclear design and manufacture involved. Among the enterprises there are also Siemens of Germany with NPP monitoring, instrumentation and control systems and IVO Engineering as Atomenergoproekt's subsupplier of main buildings layout and some building's working drawings, construction components strength calculations and analyses.

Safety features

There are four independent trains of safety systems, all of them being located in separate fire resistant rooms and having different pits under the containment. There is a number of protective emergency systems in each train. Some of them like HP emergency injection, LP core emergency cooling, emergency cooling and emergency feedwater system have the capacity sufficient to perform necessary functions from any one safety train. Capacities of emergency boron injection system and sprinkler system for residual heat removal and reactor plant cooling allow performing functions from any two safety trains.

The safety trains are designed in such a way that no direct links between different trains are possible, i.e.

- no doors between trains;
- no cable or ventilation ducts between them;
- no common drainage system;
- common cause failures are allowed only in one safety train;
- physical load must not spread from one train to another;
- each safety train has an individual cooling system with back-up power supply;
- service corridors are not traced through rooms containing equipment;
- maintenance staff has an access only to one safety train. Special permit is needed to enter any other of them.

Layout structure

All NPP's main buildings are designed to be self-supporting units having minimum process links between them. Controlled zones have clear territorial separation from non-controlled ones. Safety related buildings surround the reactor building. Stand-by diesel-generator buildings are in the lines with corresponding safety trains. The layout and main buildings design allow to withstand the following extreme external loads:

- Impacts by a falling airplane or any other missile equivalent to the mass of 200 kg having velocity up to 50 m/s;

- Design earthquake with ground level acceleration of 0,1 g and maximum calculated earthquake of 0,2 g;
- Maximum air wave front pressure due to an external explosion of 10 kPa;
- Tornado of F3 class according to Fujita-Pirson scale.

Current status at Tianwan site

Construction works at the site are carried out simultaneously for both units. At present time the works at the sites are mainly in conformity with the approved time schedule.

UNIT NO. 1

The process of all main buildings' construction has started practically at all main buildings.

Reactor building:

An intensive process of the inner hermetic containment erecting is going on and it is now at level 24 m. The preparations for the erection of the construction components inside the inner containment are completed. All embedded parts like cables and pipes hermetic penetrations, different internals and metal constructions etc. needed for the technological process are now being delivered to the site.

Safety and turbine buildings, steam chamber:

Practically all construction and erection works at levels below 8m are completed.

Auxiliary building:

The construction process of buildings' walls has reached level 12 m., with all needed tanks and pipes for drainage, fire protection and some other special systems requested by technology being embedded.

UNIT NO. 2

Grading and levelling of all main building are now completed. Concreting of the foundation slabs of most main buildings has already started.

Future of the concept

The concept VVER-91 was initially developed with the idea to reflect the existing international trends in respect to enhanced safety as well as to optimize economical features of the earlier designs of the power units with VVER-1000 reactors. Late in 1991 it was offered for an international bid as an alternative for the fifth nuclear power unit in Finland. During 1999 - 2000 certain works have been carried out to study the possibility of implementing the concept in Finland in case a positive decision in principle is taken in the country. The results of the study demonstrate that VVER-91 can be efficiently adopted to local conditions and mostly meets basic safety guides of the Finnish radiation safety authorities and specific requirements of the possible Finnish Customer. The experience gained during the years of developing concept VVER-91, the existing results in implementing the project in China as well as about 30 years of our cooperation with Finnish power companies allow us to look forward with optimism. ■

Basic Technical Data

VVER-91 concept is a two-circuit mono unit with a double containment. The reactor similar to PWR type is designed for a base load operation, daily and weekly power control being acceptable. Fuel reloading is once a year. Four coolant loops are equipped with main circulating pipes of 850 mm diameter. The turbine has a velocity of 3000 rpm. The basic data of the plant are as follows:

Rated thermal power of reactor	3000 MW
Rated electrical power at cooling water temp. of + 18 °C	1060 MW
Efficiency of the unit	33,1 %
Net heat rate of turbine for electricity delivery to busbars	10870 kJ/kWh
Effective hours of operation at rated power per year	7000
Reactor installation steam output at rated power	5880 t/h
Steam pressure at outlet from SG	6.27
NPP service life	40 y
Steam moisture content at outlet from SG	0.2 %
Coolant flow rate through reactor	86000 m ³ /h
Coolant temp. at reactor inlet	291.0 °C
Coolant temp. at reactor outlet	321.0 °C
Coolant pressure at reactor outlet	15.7 MPa
Core equivalent diameter	3160 mm
Core height	3530 mm
Number of fuel assemblies	163
Design layout of fuel pins and assemblies	Triangular grid
Number of control rods	121
Absorber material of rods (main/lower sections)	B4C/Dy203TiO2
Burn-up under equilibrium fuel cycle condition	43 MWd/kgU
Fuel load weight (UO ₂)	80 t
Turbine layout	2 LPC+HPC+2 LPC
Pressure in condenser at cooling water temp. of 18 °C	4.7 kPa
Generator rated voltage	24 kv
Cooling of rotor winding and stator core	Hydrogen
Cooling of stator winding	Water

Photos by Pentti Varpasuo, Tianwan, Summer 2000.

.....
Anatoli Ozerov
Representative in Finland
of JSC "Atomstroyexport"
Tel. 09-607544
Mob. 040-5074527
Fax 09-611969



Ydinturvallisuuden arviointi EU:n jäsenyyttä hakevissa maissa

Euroopan unionin laajentumisprosessissa ehdoksmaiden ydinturvallisuudesta on tullut tärkeä kriteeri. Asia on mainittu EU:n ministerineuvoston päätöksessä vuodelta 1998, jossa todetaan, että "maiden, jotka käyttävät reaktoreita joiden turvallisuutta ei kohtuullisilla kustannuksilla voida parantaa kansainvälisesti hyväksytylle tasolle, tulee ajaa laitokset alas niin nopeasti kuin käytännöllisesti mahdollista". EU:n ydinenergiamaiden turvallisuusviranomaiset ovat tarjonneet apuaan hakijamaiden ydinturvallisuustason arvioinnissa. Työn tekemistä varten turvallisuusviranomaisten päälliköt järjestäytyivät työryhmäksi nimeltä WENRA (Western European Nuclear Regulator's Association). Mukaan liittyi myös Sveitsi, mutta se ei ole toistaiseksi osallistunut toimintaan.



WENRA:n työn tuloksena on julkaistu raportti, jossa arvioidaan hakijamaiden ydinturvallisuuden ja viranomaistoiminnan tasoa. Raportin perusteella voidaan todeta, että eri hakijamaat ovat ydinturvallisuudeltaan ja viranomais toiminnaltaan eri tasolla, mutta kehittämällä ydinvoimalaitostensa turvallisuutta ja omia toimintojaan on länsimainen taso pääosin saavutettavissa.

Hakijamaiden kannalta oikeudenmukainen ministerineuvoston päätöksen toimeenpaneminen edellyttäisi luotettavaa menetelmää reaktoreiden turvallisuustason arviointiin. On myös reilua odottaa teknisiä perusteita reaktoreiden sulkemisvaatimukselle, mikäli se on ehtona maan EU-jäsenyydelle. Päätöksen tekijöiden tulisi olla varmoja siitä, että EU-maissa käytössä olevien laitosten turvallisuustaso on korkeampi.

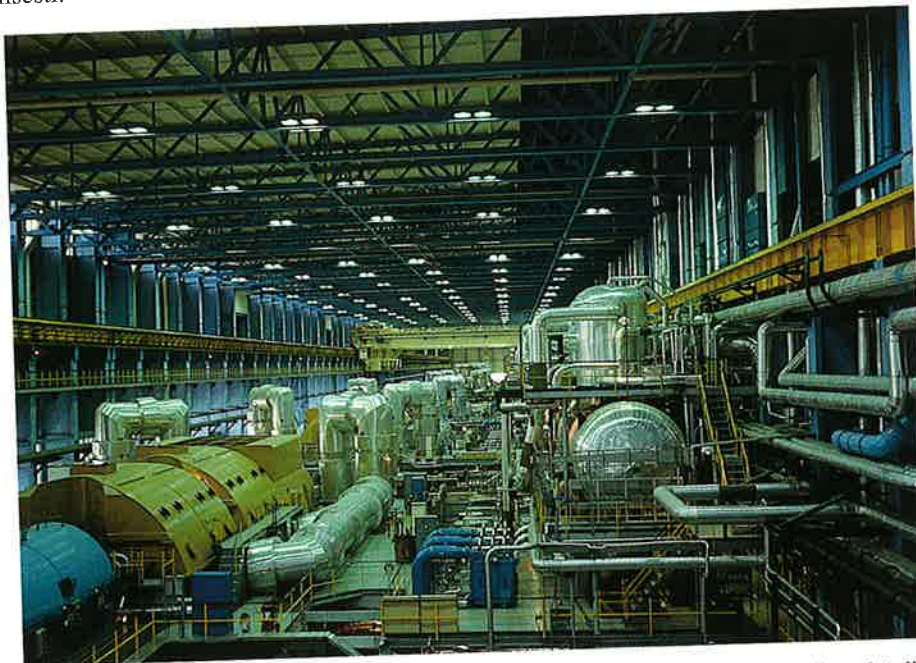
Ongelmana päätöksen toimeenpanemisessa on se, että EU:lla ei ole roolia ydinvoimalaitosten turvallisuuden valvonnassa eikä EU:n komissiolla ole alan pätevyyttä. EU:n direktiiveissä ei ole esitetty teknisiä turvalli-

suusvaatimuksia käytössä oleville ydinvoimalaitoksille eikä missään EU-maassa käytössä olevan ydinvoimalaitoksen turvallisuutta ole arvioitu toisen EU-maan asiantuntijoiden toimesta. Vaikka käytössä olevat turvallisuusperiaatteet ovatkin samoja, kansalliset viranomaiset tulkitsevat periaatteita eri tavalla. Myös tekniset vaatimukset poikkeavat toisistaan eri maissa. Tästä johtuen useimmat eri EU-maissa käytössä olevista ydinvoimalaitoksista eivät saisi käyttö lupaa toisessa EU-maassa.

Poliittisilla foorumeilla ja myös komission vetämien laajentumisneuvotteluiden pohjana on hakijamaiden ydinvoimalaitosten turvallisuustason arvioinnissa tähän saakka käytetty viitteenä Münchenin G7 -kokouksessa vuonna 1992 hyväksyttyä päätöstä. Tähän päätökseen viitataan myös EU:n Agenda 2000 -dokumentissa, jota käytettiin perusteena laajenemiskeskusteluissa. Agenda 2000 -dokumentin mukaan ei ole mahdollista modernisoida VVER 440/230 tai RBMK -laitoksia kansainvälisesti hyväksytylle tasolle. Muiden

venäläisvalmisteisten laitosten todetaan vaativan laajoja modernisointeja, mutta niillä katsotaan olevan mahdollisuus tulla kansainvälisesti hyväksytyksi. Länsimaisten laitosten osalta Agenda 2000 -dokumentissa esitetty ainoa huoli koskee laitosten käytön ja kunnossapidon laatua. Valitettavasti asiantuntijat, jotka neuvovat G7 -johtajia vuonna 1992, eivät tunneet arvioimiaan laitoksia riittävän syvästi.

WENRA:n ensimmäinen raportti julkaistiin maaliskuussa vuonna 1999. Raportti sisältää kustakin maasta kaksi osaa: viranomaiskäytäntö ja viranomainen sekä ydinvoimalaitosten turvallisuustaso. Se perustui EU-maiden viranomaisten monenkeskisissä (mm. Phare-ohjelma) ja kahdenkeskisissä avustusohjelmissä hankittuihin tietoihin. Arviointi perustui laajasti sovellettuihin kansainvälisiin turvallisuusperiaatteisiin, kuten syvyysuuntaiseen puolustusperiaat-



WENRA on Länsi-Euroopan ydinturvallisuusviranomaisten yhteenliittymä

Keväällä vuonna 1998 Ranskan ydinturvallisuusviranomaisen päällikkö kutsui koolle kollegansa niistä EU- maista, joilla on ydinvoimalaitoksia. Viranomaispäälliköt Belgiasta, Saksasta, Italiasta, Alankomaista, Espanjasta, Ruotsista, Iso-Britanniasta ja Suomesta totesivat tapaamisessaan, että heidän velvollisuutensa on tarjota apua EU:lle sen harkitessa laajentumistaan. Tässä yhteydessä päätettiin myös WENRA:n perustamisesta. WENRA:n toiminnan pidemmän ajan tavoite on yhdenmukaistaa Euroopan ydinturvallisuusvaatimuksia ja viranomaiskäytäntöjä, mutta tämä työ on vasta käynnistämävaiheessa. Ensimmäisenä konkreettisenä tehtävänä WENRA päätti laatia raportin ydinvoimalaitoksia käyttävien ehdokasmaiden (Bulgaria, Tshekki, Unkari, Liettua, Romania, Slovakia ja Slovenia) ydinturvallisuuden tasosta.

teeseen ja moninkertaisiin esteisiin sekä diversiteettiin ja sen käyttöön esteissä. Rinnan raportin kirjoittamisen kanssa saksalaiset asiantuntijat laativat tarkempia arviointikriteerejä, mutta niitä ei kuitenkaan suoraan käytetty. Todennäköisyyspohjaiseen turvallisuusanalyysiin perustuvia kvantitatiivisia vertailuja ei tehty, koska saatavilla olevat tulokset vaihtelivat tasoltaan ja laajuudeltaan. Raportti jaettiin laajasti EU:ssa, ja se on saatavilla myös joidenkin WENRA:n toimintaan osallistuvien jäsenmaiden viranomaisten kotisivuilta internetistä (esim. <http://www.ski.se/engelska/ski/wenra.htm>).

Raportin eri maita koskevat luvut eivät kuitenkaan ole yhteismitallisia ja tasapainoisempi arvio on tekeillä.

Arviointimenetelmistä ei ole yksimielisyyttä

Samanaikaisesti myös EU:n komissio on ollut aktiivinen hakijamaiden ydinturvallisuuden tason arvioinnissa. Komission perustelu toiminnalleen on mandaatti raportoida hakijamaiden edistymisestä kohti EU:n

jäsenyysehtojen täyttymistä. Komission virkamiehet myös väittävät, että WENRA ei nauti täyttä poliittista luottamusta joidenkin EU:n ministerineuvoston jäsenmaiden osalta. Erityisesti niiden maiden ministerien, joilla ei ole käytössään ydinvoimalaitoksia, sanotaan pitävän WENRA:a ydinvoimaa kannattavana organisaationa. Ennen lopullisen päätöksen tekemistä EU:n laajenemisesta, komissio odottaa ministerineuvoston kysyvän komission apua muodostaakseen kantansa hakijamaiden ydinturvallisuuteen liittyen. Huomattakoon, että laajentumisprosessia ohjaa jäsenmaiden edustajista koostuva ministerineuvosto ja sen asettama työryhmä. Komissio on virkamieselin, joka ei tee asiassa päätöksiä.

Vaikka komission korkeimmat virkamiehet myöntävätkin WENRA:n edustavan parasta pätevyyttä alalla ja myös tarvitsevansa WENRA:n raporttia, on komissio tilannut vastaanvanlaista työtä Itävallan, Ruotsin, Alankomaiden ja Iso-Britannian konsulttien muodostamalta yhteenliittymältä ("Enconet" yhteenliittymä). Enconet on tuottanut raportin, joka listaa kunkin hakijamaan ydinlaitoksista arvioitavat ja raportoitavat asiat. Periaatteessa on sovittu, että yksinomaan kansallisilla viranomaisilla on vastuu laajempien turvallisuusarvioiden suorittamisesta, mutta silti komissiossa on tehty valmisteluja myös turvallisuusarvioiden teettämisestä ryhmällä, joka koostuisi EU-jäsenmaiden ja mahdollisesti hakijamaiden asiantuntijoista. Tämän arvioinnin laajuus ja sisältö perustuisivat "Enconet" -ohjeisiin.

Komission toimista johtuen hakijamaiden käyttäjät ja viranomaiset ovat huolissaan oman työmääränsä lisääntymisestä suunnitellun arviointityön käynnistytessä. Arvioinnin tekeminen edellyttäisi hakijamailta paljon omaa työtä ja myös rahoitusta konsulttien palkkaamiseen vastaamaan komission asiantuntijoiden kysymyksiin. Jää nähtäväksi alkaako toiminta kuten komissio on suunnitellut vai löydetäänkö ratkaisu, jossa komissio voisi luottaa EU-maiden ydinturvallisuusviranomaisten ja heidän tukiorganisaatioidensa asiantuntemukseen.

Ongelmina vanhimmat VVER-laitokset ja RBMK-laitokset

WENRA:n arvioinnin pääkohteena ovat olleet VVER 440/230 -laitokset johtuen niitä kohtaan esitetystä erityisestä huolesta. Hakijamaissa näitä laitoksia on Slovakiassa ja Bulgariassa. VVER 440/230 -laitoksessa on todettu kolme ensisijaista turvallisuusongelmaa:

Laitoksen turvajärjestelmien suunnittelu-
perusteena ei ole käytetty reaktorin jäähd-
tysjärjestelmän ison putken katkeamista.

Laitoksessa ei ole tiivistä paineenkestä-
vää suojarakennusta, joka reaktorin vaurioi-
tuessa rajoittaisi tehokkaasti radioaktiivisten
päästöjen määrää. Laitoksen suunnittelussa
ei ole huomioitu potentiaalisia laitoksen tur-
vajärjestelmiä koskevia uhkia.

Mikä tahansa edellä mainituista turvalli-
suusongelmista on riittävän vakava estääk-
seen laitoksen lisensoinnin missä tahansa
EU-maassa. Myös suuri joukko yksittäisiä
puutteita turvallisuustoimintojen varmista-
misessa tunnistettiin 1980-luvun lopulla ja
1990-luvun alussa tehdyissä kansainvälisis-
sä turvallisuusarvioinneissa. IAEA ja muut
asiantuntijatahot antoivat suosituksia tarvit-
tavista parannuksista. Teoreettisten turvalli-
suusanalyysien ja käyttökokemusten perus-
teella voidaan toisaalta todeta VVER
440/230 -laitosten sisältävän useita sisään-
rakennettuja turvallisuuspiirteitä, jotka li-
säävät merkittävästi laitoksen turvallisuutta.
Tärkeimpiä näistä ovat:

Reaktorisydän on suhteellisen pieni ja
siksi helposti operoitavissa. Stabiiliin ja ta-
saisen tehokajaan hallitsemiseksi ja val-
vomiseksi ei tarvita isojen reaktoreiden vaa-
timia järjestelmiä. Sydämen käyttäytyminen
tunnetaan kaikissa käyttötiloissa ja oletet-
tuissa transienteissa ja onnettomuuksissa,
johtuen kattavista analyyseistä ja kokeista
sekä käyttökokemuksista. Sydämen suun-
nittelu sisältää myös suuremmat termitet
marginaalit kuin läntisissä reaktoreissa.

Veden määrä reaktorin jäähdityspiireissä
on suuri verrattuna reaktorin tehoon. Tästä
syystä transienttien eteneminen on ennustet-
tavaa eikä vaadi välttämättä nopeita turvalli-
suusjärjestelmien toimintoja kuten läntisissä
laitoksissa.

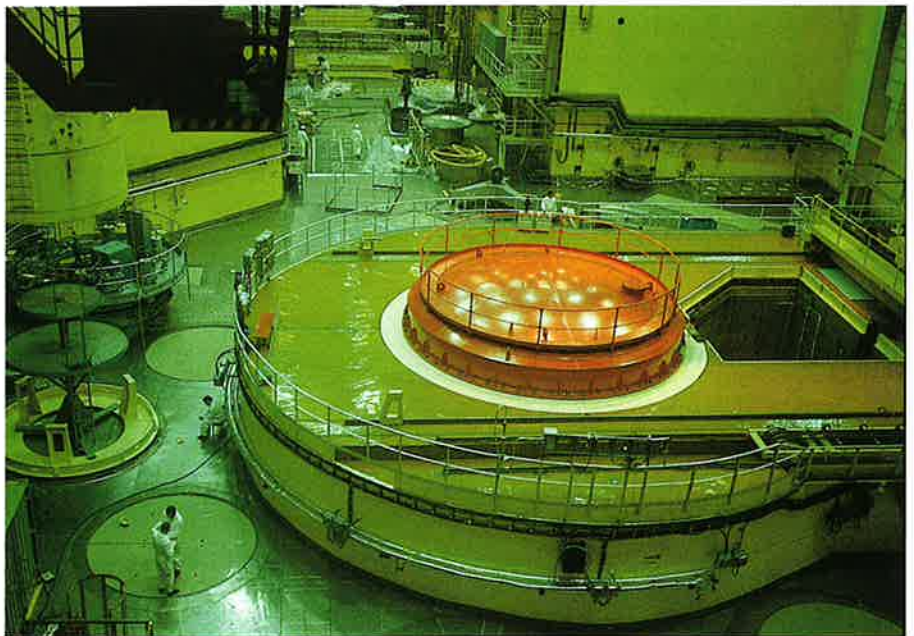
Lokakuussa vuonna 1999 WENRA lähetti
kuuden EU-maan ydinturvallisuusviran-
omaisista kootun ryhmän kahdeksi viikoksi
Slovakiaan ja Bulgariaan tekemään arvioin-
tia laitosten heikkouksista ja vahvuuksista
sekä selvittämään laitosten tämänhetkistä
tilaa. Ryhmän vetovastuu oli Suomella. Jäse-
nillä oli laaja kokemus VVER-laitosten tur-
vallisuuden arvioinnista, ja he kykenivät no-
peasti tarkastamaan turvallisuusparannusten
tämänhetkisen tilan laitoksilla.

Asiantuntijoiden käsityksen mukaan
VVER 440/230 -laitosten turvallisuutta voi-
daan teknisin toimenpitein ja kohtuullisin
kustannuksin parantaa EU-maissa vallitse-
valle tasolle. Se kuitenkin edellyttää, että
toiminnan pohjana on selkeät vaatimukset
parannusten tavoitteista ja että koko paran-

nusohjelmasta on tehty kattava turvallisuus-
analyysi.

RBMK-laitosten turvallisuutta ei ole arvi-
oitu WENRA:n toimesta, koska Ignalinaa
koskeva laaja turvallisuusanalyysi ja sen riip-
pumattoman arviointi on tehty EBRD:n ra-
hoittamana kansainvälisenä projektina.

Seuraavassa kuvataan lyhyesti eri hakija-
maiden tämänhetkinen tilanne perustuen
WENRA:n päivitettyyn raporttiin.



Bulgaria tarvitsee riippumatonta kansallista osaamista

Bulgaria ei kehittänyt omaa tietämystään
Kozloduin laitosten rakentamisen ja käytön
aikana, vaan luotti silloisen Neuvostoliiton
asiantuntemukseen. Tästä johtuen Bulgarian
kyvyt tehdä riittäviä turvallisuusparannuk-
sia ovat rajalliset. Viranomainen on edel-
leen riippuvainen läntisten tukioorganisaati-
oiden asiantuntemuksesta.

EU:n komission kanssa käymissään laa-
jenemisneuvotteluissa Bulgarian hallitus on
luvannut sulkea Kozloduin 1- ja 2-yksiköt
vuonna 2003. Laitoksen 3- ja 4-yksiköiden
tilanne on vielä epäselvä, mutta 5- ja 6 yksi-
köt aiotaan modernisoida EU:n lainalla täyt-
tämään läntiset turvallisuusvaatimukset.

Tshekki täyttäneen turvallisuusvaatimukset

Tshekin kansallinen panos Dukovanyin lai-
toksen rakentamisessa ja käytössä on ollut

alusta saakka merkittävää ja sen seuraukse-
na joitakin alkuperäisiä turvallisuuspuutteita
on jo korjattu. Laitoksen modernisointi on
menossa ja sen arvioidaan valmistuvan
vuonna 2004. Laitokselle tehtyjen kansain-
välisten arvioiden tuloksena laitoksen tur-
vallisuus on edelleen parantunut ja turvalli-
suuskulttuuri kehittynyt. On todennäköistä,
että laitos saavuttaa samanikäisten länsi-
maisten laitosten turvallisuustason.

Temelinin laitos käynnistettäneen syk-
sillä ja sen suunnittelussa ja rakentamisessa
on käytetty sekä itäistä että läntistä tietä-
mistä. Laitoksen lisensointi on ollut haaste
sekä käyttäjälle että viranomaiselle, mutta
lopputulos saavuttanee länsimaisten paine-
vesilaitosten turvallisuustason.

Unkarin Paks luotettava ja turvallinen laitos

Unkari omaksui jo 1970-luvun alussa poli-
tiikan, jonka avulla muodostettiin vahva
kansallinen pätevyys ja infrastruktuuri ydin-
voima-asioissa. Unkarilaiset loivat vahvat
suhteet myös länsivaltioiden organisaatioi-
hin.

Paksin laitosta on parannettu tehtyjen
turvallisuusanalyysien perusteella eikä mer-
kittäviä turvallisuuspuutteita enää ole jäljel-
lä. Myös laitoksen reaktorin suojarakennuk-
sen toimintaa testattiin vuoden 1999 lopulla
täysimittaisissa mallikokeissa, joiden tulok-
si voidaan soveltaa muillekin VVER
440/213 -laitoksille. Tulosten perusteella
suojarakennus toimii tyydyttävästi, mutta

tiivyydessään se ei pärjää länsimaisille laitoksille. Käyttökokemukset Paksin laitoksella ovat vähintäänkin yhtä hyviä kuin läntisten laitosten kokemukset.

Liettuan laitos kärsii edelleen rajoitetusta tietämyksestä ja suunnittelupuutteista

Ignalinan laitosta arvioitiin 1990-luvun puolivälin jälkeen kansainvälisen arviointiryhmän toimesta. Laitoksesta tehtiin kattava todennäköisyyspohjainen turvallisuusanalyysi nykyaikaisin menetelmin. Tulosten perusteella annettiin monia suosituksia ja kehitysohjelman tuloksena laitoksen turvallisuutta on onnistuttu selkeästi parantamaan. Turvallisuusanalyysin tuloksena todettiin laitoksessa myös joitakin positiivisia turvallisuuspiirteitä, ja PSA-analyysin mukainen reaktorivaurion riski olisi niin pieni, että se vastaa nykyaikaisia länsimaisia laitoksia.

Vaikka on todennäköistä, että monet laitoksen turvallisuusongelmista pystyttäisiin ratkaisemaan ajan ja rahan kanssa on suojarakennuksen puuttuminen laitoksen pääongelma, jota ei käytännössä pystytä ratkaisemaan. Tämä suunnittelupuute on pääsyy laitoksen varhaiselle sulkemisvaatimukselle. EU:n laajenemisneuvottelujen tuloksena Liettuan hallitus on päättänyt sulkea 1-yksikön aikaisintaan vuonna 2005 ja 2-yksikön tulevaisuudesta päätetään osana vuonna 2004 tehtävää pidemmän ajan energian käytön suunnitelmaa.

Maan tekninen tietämys ja infrastruktuuri ydinvoima-asioissa on kehittymässä, mutta tullee olemaan puutteellinen vielä lähitulevaisuudessa. Ignalinan laitos on edelleen riippuvainen ulkopuolisista länsimaisista ja venäläisistä organisaatioista suunnittelutyössä.

Romanian laitos turvallinen, mutta turvallisuuskulttuurin kehittäminen haaste

Cernavodan laitos Romaniassa on Candu-tyyppiä ja se on rakennettu ja käyttöön otettu länsimaisin opein. Laitoksen turvallisuusfilosofia vastaa länsimaisia laitoksia.

Laitoksen käyttäjillä on ammattimainen asenne ja erityisesti esimiesporras on omaksunut länsimaisen turvallisuuslähtöisen ajattelun ja kulttuurin. Tämä asenne olisi kuitenkin ulotettava kaikille organisaatiotasolle ja ulkopuolisiin organisaatioihin saakka. Laitoksella on myös tarvetta kehittää valmiustoimintaa, onnettomuuden hallintaa,

koulutusta ja käyttökokemusten hyödyntämistä.

Romanian hallituksen on varmistettava, että luvanhaltijan tämänhetkiset taloudelliset vaikeudet eivät vaikuta haitallisesti laitoksen nykyiseen turvallisuustasoon ja sen ylläpitämiseen.

Slovakiassa saavutettu hyvä ydinturvallisuuden taso

Slovakia ”peri” onnekaasti suurimman osan entisen Tshekkoslovakian pätevistä tutkimusorganisaatioista ja palkkasi myös muuta pätevää henkilökuntaa maan jakautuessa kahtia. Sillä on siten vahva perusta menestyksekkäälle ydinturvallisuusohjelmalle.

Bohunicen ydinvoimalaitosyksiköiden 1 ja 2 turvallisuusongelmat tunnistettiin ja listattiin 1990-luvun alussa. Niiden korjaaminen oli edellytys laitosyksiköiden käytön jatkamiselle. Laitoksen käyttäjä päättikin toteuttaa parannusohjelman ja se toimeenpantiin päättäväisesti. Häätäjähdystysjärjestelmiä on kehitetty vastaamaan länsimaista tasoa ja suojarakennuksen kyky rajoittaa radioaktiivisia päästöjä on osoitettu riittäväksi. Laitoksen 3- ja 4-yksiköiden turvallisuustasoa voidaan yleisesti ottaen pitää riittävänä, mutta tietyt turvallisuuspuutteet niissä on korjattava, jonka jälkeen yksiköiden turvallisuustaso vastaa samanikäisiä länsimaisia laitoksia. Mochovcen laitoksen turvallisuustaso vastaa länsimaisten laitosten tasoa.

Sloveniassa tehty yhteistyötä länsimaiden kanssa ja kehitetty hyvä kansallinen pätevyys

Krsko on länsimainen laitos ja sen turvallisuus vastaa hyvin samanlaisia belgialaisia ja espanjalaisia laitoksia. Laitoksella on jatkuva modernisointiohjelma ja monet turvallisuushankkeista on toteutettu. Turvallisuusasioihin liittyen on laitospaikan maanjäristysolosuhteet selvitettävä ja tehtävä sen perusteella tarvittavat korjaavat toimenpiteet. Suurempia lähitulevaisuuden hankkeita tulevat olemaan höyrystimien vaihdot. Laitoksen organisaatio, resurssit ja pätevyys vastaavat länsimaisia laitoksia.

WENRA:n työ jatkuu

WENRA:n maaliskuussa vuonna 1999 julkaisemaa raporttia ollaan juuri päivittämässä ja se tullaan julkaisemaan tämän vuoden

marraskuussa. Raportti tulee sisältää harmonisemman ja yhdenmukaisemman esityksen kunkin maan ydinturvallisuuden ja viranomaistoiminnan tilasta. Raportti on EU:lle toimittamisen jälkeen saatavilla myös WENRA:an osallistuvien maiden ydinturvallisuusviranomaisten internet-sivuilta. ■

Sivun 23 kuva on Dukovanyin voimalaitoksesta ja kaksi muuta kuvaa Paksin voimalaitoksesta 1990-luvun alusta. (kuvat Jorma Aurela).



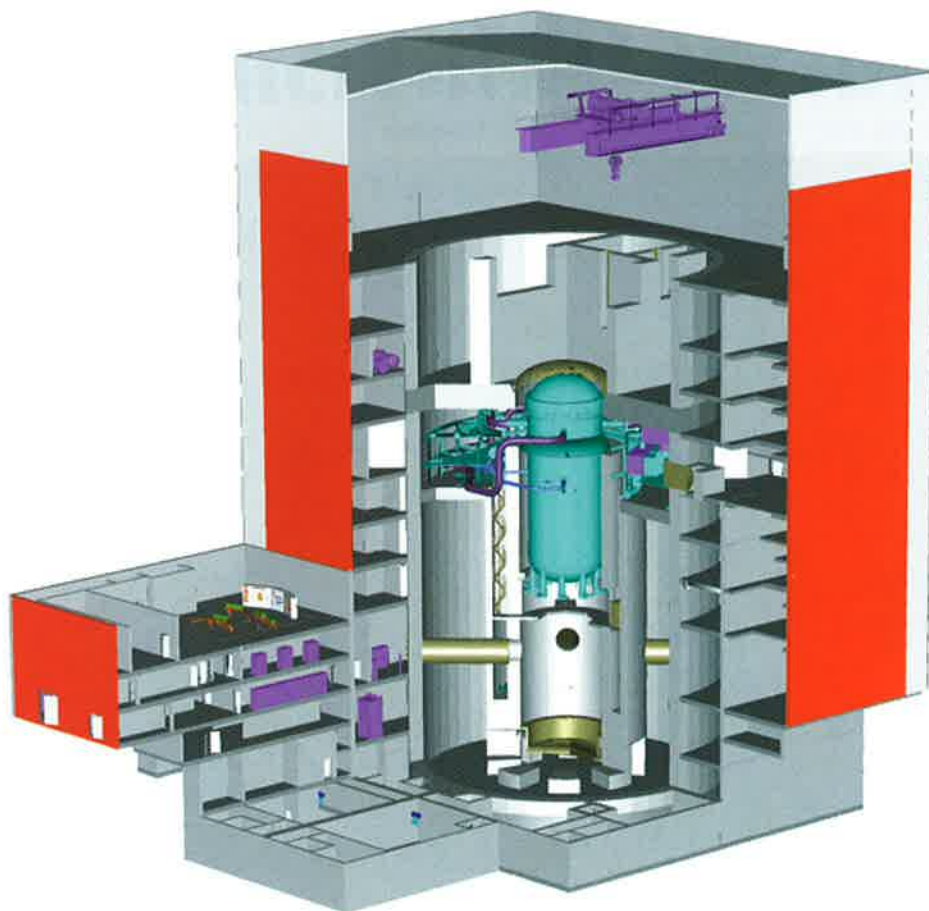
Professori Jukka Laaksonen, pääjohtaja, Säteilyturvakeskus, puh. (09) 7598 8200, jukka.laaksonen@stuk.fi

DI Petteri Tiippana, pääjohtajan erityisavustaja, Säteilyturvakeskus, puh. (09) 7598 8654, petteri.tiippana@stuk.fi



BWR 90+

21. vuosisadan ydinvoimalaitos



Suunnitellut Westinghouse Atom
-kumppanisi hankkiessasi uusia laitoksia
tai uudenaikaistaessasi varhaisempia

- Teho 1500 MWe
- Kustannuksiltaan kilpailukykyinen, lyhyt rakennusaika
- Pohjautuu Westinghouse Atomin käytännössä koeteltuun BWR-tekniikkaan
- Uudet määräykset täyttävä turvatekniikka



Westinghouse

Westinghouse Atom AB
SE-721 63 Västerås, Ruotsi
Puh: +46 21 34 70 00
Telefax: +46 21 18 94 71
Sposti: info@se.westinghouse.com
Kotisivu: www.westinghouse.com/atom

ATS:n naiset aktiivisina



Maailman säteily- ja ydinalan naiset koolla Helsingissä.

ATS:n naistyöryhmälle Energiakanavalle vuosi 2000 on ollut poikkeuksellisen vilkas: kansainvälisen WIN (Women in Nuclear) Global-järjestön vuosikokous järjestettiin Helsingissä kesäkuussa, ja syyskuussa Energiakanava juhli 10-vuotista taivaltaan Säätötalolla järjestämällä "Säteilevät Naiset"-seminaarin viidennen kerran. Työryhmässä puhaltaa nyt myös uudet tuulet, kun puheenjohtajuus siirtyy syksyllä Anneli Nikulalta Eija-Karita Puskalle.

Suomessa oli kesäkuussa koolla satakunta säteily- ja ydinalalla työskentelevää naista noin 20 maasta kansainvälisen WIN Global-järjestön vuosikokouksessa. WIN on laajin ydinalan organisaatio YK:n järjestöjä lukuun ottamatta. Koskaan aikaisemmin ei Suomessa ole ollut koolla näin suurta säteily- ja ydinalan naisten asiantuntijaryhmää. Vuosikokouksen järjestäminen teetti energiakanavalla paljon töitä, mutta onnistunut tapahtuma ja runsas positiivinen palaute palkitsivat puurtamisen.

WIN aloitti toimintansa eurooppalaisena projektina kymmenen vuotta sitten. Organisaation toiminta käynnistyi Helsingissä pidetyssä kokouksessa vuonna 1992. WIN on kasvattanut jäsenmääräänsä viisinkertaiseksi noin 1900:aan viimeisen neljän vuoden aikana ja jäsenmaiden määrä on kaksinkertaistunut nykyiseen 51:een. WIN -järjestöön kuuluu myös yli 10000 ulkojäsentä. Uusimpana ja nyt jo suurimpana jäsenorganisaationa on WIN USA, jossa on noin 500 jäsentä määrän kasvaessa kovaa vauhtia. Amerikkalaisista 64 % tukee ydinvoimaa ja

87 % kannattaa nykyisten laitosten käyttölu-pien pidennystä.

WIN Global hälventää säteilyyn liittyviä pelkoja

WIN-järjestöön kuuluu säteily- ja ydinvoimatekniikan alalla toimivia naisammattilaisia. WINin vuosikokouksen osanottajat vaihtavat kokemuksia ja ideoivat uusia tapoja viestiä suurelle yleisölle ydinvoimasta ja säteilystä. Järjestöllä on kaksi päätavoitetta: WIN pyrkii hälventämään ihmisten huolta kertomalla puolueettomasti säteilystä ja ydinvoimasta sekä innostaa nuoria hakeutumaan alan oppilaitoksiin ja löytämään ammattinsa näiltä aloilta.

- WINissä on jäseniä myös maista, joissa ei ole ydinvoimaa. Ydinvoimatekniikan ja säteilytekniikan alat ja sovellukset ovat ihmiskunnalle hyvin hyödyllisiä, mutta monissa maissa ydintekniikan käyttö huolestuttaa ihmisiä. WINiin kuuluvat jäsenet, alan ammattilaiset, kertovat näistä asioista tiede- ja teollisesta näkökulmasta. WIN-järjestö tunnus, hymyilevä atomi, kertoo atomi-

myönteisistä ja hyödyllisistä puolista ja siten edistää yleistä hyväksyttävyyttä, toteaa Suomen WIN -ryhmän puheenjohtaja Anneli Nikula.

IAEA:sta uusi WIN-puheenjohtaja

Vuodesta 1996 järjestön puheenjohtajana Helsingin kokoukseen asti toiminut ruotsalainen Agneta Rising.

- WIN on avoinna myös miehille, jotka tukevat WINin tavoitteita. Järjestön presi-



Helsingin vuosikokouksessa ruotsalainen Agneta Rising (vas.) luovutti puheenjohtajan nuijan IAEA:n ydinturvallisuusjohtaja Annick Carninolle.

dentiksi valitsemme kuitenkin vain naisia, totesi Agneta luovuttaessaan puheenjohtajuuden Kansainvälisen Atomienergiajärjestö IAEA:n ydinturvallisuusjohtajalle, Annick Carninolle. Suomestakin WINin jäsenenä on neljä miestä.

Säteilevien Naisten 10-vuotisjuhlaseminaari Säätöalassa

Energiakanavan tämänvuotinen Säteilevät Naiset -seminaari järjestettiin aiheesta "Nainen, Energia ja Hyvinvointi". Säätöalassa 7.9. pidettyyn seminaariin osallistui noin sata naista yhteiskunnan eri aloilta. Energiakanavan 10-vuotisjuhlaseminaari käsitteli nimensä mukaisesti energian vaikutusta suomalaisten, ja erityisesti naisten, hyvinvointiin. Sähkö ja kodintekniikan kehitys

ovat myönteisellä tavalla muuttaneet naisen asemaa yhteiskunnassa.

Sähköstä tasa-arvoa naisille

- Uskallan väittää, että juuri sähkö vapautti naisen toimimaan tasa-arvoisesti yhteiskunnassa miesten rinnalla. Kodinteknologian kehittyminen ja edullinen, kaikkien saatavilla oleva sähkö helpottivat niin sanottuja perinteisiä naisten töitä. Näin naisille tuli mahdollisuus kehittää omia osaamisalueitaan ja hyödyntää kykyjään yhteiskunnan eri alueil-



Avauspuheenvuoron esittänyt kauppa- ja teollisuusministeri Sinikka Mönkäre vierellään Helvi Sipilä, joka on ollut Energiakanavan jäsen jo vuodesta -92 lähtien.

la. Naiset ovat nopeasti omaksuneet sähkölaitteiden antaman hyödyn ja kotitalouksien sähkönkäyttö on edelleen kasvusuunnassa, totesi Energiakanavan puheenjohtaja Anneli Nikula tervetuloitotuksessaan.

Ministeriltä kiitosta

Valtiovoimien tervehdyksen seminaariin toi avauspuheenvuoron pitänyt kauppa- ja teollisuusministeri Sinikka Mönkäre. Hän korosti energian merkitystä yhteiskunnan tärkeänä elementtinä sekä hyvinvoinnin ja talouskasvun edellytyksenä. Puheessaan ministeri Mönkäre pohdiskeli myös energiapolitiikan tavoitteita. Erityisen haasteellisenä hän piti energiantuotannon päästöjen vähentämistä siten, ettei talouden ja työllisyyden kasvua heikennetä.

- Maapallon väestön lisääntyminen ja kehitysmaidenkin oikeutettu pyrkimys talouskasvuun ja hyvinvointiin merkitsee, että maailman energian kulutus tulee seuraavien vuosikymmenien aikana kasvaamaan noin kahden prosentin vuosivauhtia. Päästöjen kokonaismäärää on siis vaikea saada kuriin.

Perusvoimavaihtoehtoja vertaillaessaan Mönkäre totesi ydinvoiman kiistattomana etuna olevan sen päästöttömyyden. Lopuksi ministeri totesi Energiakanavan toiminnan olevan erittäin tärkeää sekä lausui

koko KTM:n puolesta kiitokset työryhmällemme.

Kotimainen teollisuus tärkeää hyvinvoinnille

Johtaja Ulla Sirkeinen Teollisuuden ja Työnantajain Keskusliitosta tarkasteli energiavaltaisen teollisuuden merkitystä suomalaisten hyvinvoinnille.

- Suomen teollistuminen alkoi metsien ja malmien hyödyntämisestä. Ajan mittaan on tuotanto laajentunut uusille aloille ja viime vuosikymmeninä on tele- ja tietotekniikka tehnyt ennätysmäärisiä aluevaltauksia.

Hän totesi, että energian kokonaiskulutus teollisuudessa lisääntyy tuotannon ja jalostusasteen kasvaessa energian yhä tehokkaammasta käytöstä huolimatta. Tuotannon

*"Säteilevät Naiset" -seminaarin
tämänvuotinen aihe kiinnosti laajasti
naisia yhteiskunnan eri aloilta.*



kannattavuuden vuoksi etenkin sähkön saanti kilpailukykyiseen hintaan on tehtävä mahdolliseksi. Kuitenkin siten, että energia- ja ilmastokeskustelun lopputuloksena hiilidioksidipäästöt eivät lisäänty eikä jo nyt suuri riippuvuutemme ulkomaista kasva.

Kotitalouskoneiden merkitys

Riskienhallintapäällikkö Virve Rouhiainen Espoon Sähköstä selvitti kotitalouksien sähkökäyttöä.

Yksin asuminen on Suomessa, kuten muissakin Pohjoismaissa selvästi yleisempää kuin muualla Euroopassa. Sama hyvinvointitason saavuttamiseen pienissä kotitalouksissa tarvitaan enemmän resursseja – energiaa ja laitteita – kuin suuremmissa kotitalouksissa.

Ruoansäilytys eli kylmälaitteiden sähkönkulutus on noin 30 %:a kotitaloussähkön kulutuksesta. Varsinainen ruoanvalmistus on noin 10 %:a kotitaloussähkön kulutuksesta ja astianpesukoneet vievät noin 3 %. Yhteensä ruokatalouden osuus on siis kotitaloussähköstä noin 45 %. Pyykinpesuun ja pyykinkuivaukseen kuluu noin 5 % kotitaloussähköstä. Valaistuksen osuus kotitaloussähkön kulutuksesta on edelleen merkittävä, arviolta noin 20 %. Asuntokohtaiset sähkösaunat vievät kotitaloussähköstä noin 8 %. Televisioiden, videoiden, stereoiden ja mikrotietokoneiden sähkökäyttö on noin 10 % kotitaloussähköstä. Viimeinen 10 % kuluu pientalojen LVI-laitteissa ja autonlämmityksessä.

TKK:n Innovaatiokeskuksen teknologia-asiamies Vuokko Lepistö-Kirsilä kertoi väitöskirjatutkimuksestaan teknologian tulon

merkityksestä suomalaiselle naiselle. Ensimmäiset teolliset kotitalouskoneet tulivat käyttöön Suomessa yli 100 vuotta sitten. Koneet mullistivat pian koko keittiötyön ja naisen arkipäivän. Naisten työtä suunniteltiin helpotettavan monella tavalla. Talojen yhteiset keskuskeittiöt tarjosivat maksusta perheille ruokaa kotiin. Ensi kertaa esitettiin myös ajatus, että vaimoille piti maksaa rahapalkkaa taloustyöstä.

Naisenergiaa Suomi-viihteessä

Seminaari päättyi kirjailija Maarit Niiniluodon alustukseen, jossa hän valaisi naisenergiaa Suomi-viihteen historiassa. Suomalaisen viihteen historiaa on totuttu pitämään miesten hallitsemana alueena, mutta sen historiaa ja nykypäivää on mahdoton kuvitella ilman energisiä ja ennakkoluulottomia naistaiteilijoita. Naiset ovat jopa 30- ja 40-luvulla luoneet ne kielikuvat, joilla mies ilmaisee suomalaisessa iskelmässä herkimpiä tunteitaan yhä edelleenkin.

Naisten merkittävä läpimurto oli 30-luvulla laulujen sanoittajina. Naisenergia kanavoitui sodan jälkeen Metro-tyttöjen lohdutusiskelmiin ja elämän jatkumiseen. 60-luku merkitsi suurta muutosta, kun nuoret naiset täyttivät estradit ja mustavalkoiset televisioruudut. "Ei oo, ei tuu", näin mies sai jyrkän kiellon 70-luvun "rotunaiselta". 80-luvulla tehtiin jo lauluja, jossa perheenemäntä jättää koko kodin miehen niskaan lähtiessään kulkemaan. Miestä hämmentävä Doris, reissunainen on hänen henkinen sukulaisensa. 90-luku toi ennennäkemättömällä tavalla estradeille voimakkaan ja keski-ikäisen kukoistuksestaan nauttivan 60-luvun tyt-

töpolven nimellä Leidit lavalla. 2000-luvun naisen selviytymistarinarista hyvänä esimerkkinä on mm. "Voittajana aallokoissa selvisin meren myrskyvään".

Uusia tuulia Energiakanavassa

Vuodesta -97 Energiakanavan puheenjohtajana toiminut Anneli Nikula luovutti syksyn aluksi johtajan nuijan VTT:n tutkijalle Eija-Karita Puskalle. Anneli on ollut Energiakanavan toiminnassa mukana sen perustamisesta, eli vuodesta -90 lähtien. Energiakanavan lisäksi sekä vanha että uusi puheenjohtaja ovat olleet ATS:n toiminnassa muutenkin hyvin aktiivisesti mukana. Anneli on johtokunnassa ollut mukana vuodesta -97 ja toimi varapuheenjohtajana 1998-99. Eija-Karita on toiminut johtokunnan jäsenenä vuosina 1994-96 ja ATS Ydintekniikan toimittajana vuodesta -97 lähtien. Kiitokset Annelille aktiivisesta ja innostavasta johtajuudesta ja onnea Eija-Karitalle tuleviin haasteisiin!

DI Milja Walsh,
Energia-alan Keskusliitto ry.,
puh. (09) 6861 6608,
milja.walsh@finergy.fi



In Germany Nuclear Power still has a Future

The current policy of the German government will not be the final word on nuclear power in Germany. There is no convincing answer to the question as to how the electricity generated in the German nuclear power plants – covering on third of the demand and even more important over half of the base load – can be replaced without increasing the CO₂ emissions. Similar to the Swedish decision years ago with the 3 aspects, nuclear phase-out, no increase in CO₂ emissions and no additional hydropower development, this is an overdetermined equation. Consequently due to public polls early this year close to 2/3 of the German population are convinced that the government has no logically consistent energy concept, but only the political wish to phase-out nuclear power. Who wants to phase-out something has to say what to phase-in instead is a quote of the German minister of economics. At this measuring stick his government terribly fails. It is impossible to get even close to 50% of base load electricity with savings given the already achieved efficiency in the German industry and the unwillingness of the population to really cut back in standard of living given by electrical appliances. Energy savings can and will be achieved in the heating and transportation sector and only to a small portion in the electricity sector. With regard to renewables in Germany hydropower now at 4 - 5% cannot be expanded, wind power recently doubled to now 1 - 2%, similarly solar power which is now still far below 1% and both are far from being base load. After the last elections the government announced an "irreversible phase-out" of nuclear energy in Germany. Now the government coalition feels it has reached its goal of "taking a first step towards the phase-out."

What has really happened: First, the government has reached a tentative (only initialed) agreement with the four biggest (not all) utilities. It will be signed only if the up-



Curiously Germans regard the German nuclear power as the safest in the world. In the picture street artists from Baden.

coming change of the atomic law is really in line with the spirit of the agreement and the transportation of spent fuel is really rolling again. Second, according to the agreement, Germany's nuclear power plants together can still generate more than 2600 billion kilowatt-hours (TWh) of electricity. This means they have, on average, not even reached half of their operating life. In other words the previously unlimited operating licenses will become limited. In other countries like the USA they were always limited and recently the first five plants got their li-

along these lines, as a second-best solution." He continued: "We have attained our stated goal: to be able to carry on operating the German nuclear power plants under economically acceptable conditions." Both sides can live with the compromise, some call it political blackmail. The nuclear vendor industry, e. g. Siemens, was not involved in the negotiations at all. But for them the period of uncertainty is over. They now have a long-term, stable planning framework for their nuclear fuel business and nuclear service activities in Ger-

electricity generation means is just reasonable. Only gamblers give up a working option. Nuclear power will have to play an even more important role in future in broadening the energy basis for a growing world population without contributing to the climate change caused by increasing greenhouse gas emissions.

By sponsoring the development of the European Pressurized-Water Reactor EPR and the advanced boiling-water reactor SWR 1000 with its innovative passive safety features the German utilities are keeping



In energy matters Germans are not as unisonous as this band in Freiburg.

cense extension from 40 to 60 years with many to follow. Any future German government can do the same thing. Irreversibility in a democracy is legally impossible.

Why did the utilities agree after long hesitation? The chairman of the German atomic forum Otto Majewski, now also vice-chairman of e-on energy, the recent merger of PreussenElektra and Bayernwerk, stated: "The Red-Green federal government is undoubtedly in a position to cause sustainable damage to the continued existence and operation of the German nuclear power plants. The policy of 'phase-out oriented execution of the law', which has been practised for many years in some federal states, makes this very clear. Against the background of possible further politically-motivated damage, it is in the interests of shareholders, employees and the German economy to accept an agreement

many. The plants have to be operated with unrestricted reliability and safety. There will, therefore, also be a need for upgrades in the future.

Looking further into the future, we undoubtedly need a sustainable development. To rely on electricity imports, since this is quite cheap now, is much too shortsighted. The present overcapacities in a significant portion of Europe will have disappeared in much fewer years than a nuclear power plant operates. The current run to gas fueled combined cycle plants cannot be the only solution for economic and environmental reasons. Reasonable independence from imported fuel supply interruptions has a high long-term value.

The only certain thing about the future is its unpredictability. Therefore it is common sense not to stand on one foot or to put all the eggs into one basket. To rely on a mix of

the door open for a revival of nuclear power plant construction. And so does the German manufacturing industry.

Last but not least a word about nuclear safety. If properly designed, operated and maintained a catastrophe like in Chernobyl cannot happen in a modern light-water-reactor. The new plant designs like EPR and SWR 1000 even mitigate postulated core melt accidents. The German atomic law always allowed to close down plants for lack of safety. No red-green federal or state government ever even tried that. Now in the agreement with the utilities the German government "recognized" the high safety standards of German nuclear power plants in comparative international terms. This speaks for itself.

FINNUS puoliväliseminaari

31.10 - 1.11.2000

VTT Auditorio, Vuorimiehentie 5, Otaniemi, Espoo

Kansallinen ydinvoimalaitosten turvallisuustutkimusohjelma FINNUS (1999-2002) järjestää kaksipäiväisen puoliväliseminaarin, jossa esitellään ohjelman tähänastisia tuloksia ja loppujakson tavoitteita. Tutkimusohjelma koostuu laitosten ikääntymistä, onnettomuuksia ja riskejä käsittelevistä teemakokonaisuuksista.

Seminaari on tarkoitettu kotimaisille ydinenergia-alan päättäjille ja asiantuntijoille sekä yhteistyötahoille Ruotsista ja muista EU-maista. Seminaari on maksuton.

Tiistai, 31.10.2000

Aamupäivä, klo 9.00-12.00

FINNUS-ohjelman yleisesittely

STUKin ja voimayhtiöiden puheenvuorot

ALWR- ja XVO-tutkimusohjelmien yleisesittely

Iltapäivä, klo 13.00-18.00

Ikääntyminen -alueen tulosten ja loppukauden tavoitteiden esittely

KTM:n puheenvuoro ydinenergiatutkimuksen jatkonäkymistä

Ruotsalainen selvitys pätevyden ylläpitämisestä (FOSTRA)

Keskiviikko, 1.11.2000

Aamupäivä, klo 8.30-12.00

Onnettomuudet -alueen tulosten ja loppukauden tavoitteiden esittely

Iltapäivä, klo 13.00-16.00

Riskit -alueen tulosten ja loppukauden tavoitteiden esittely

Seminaariohjelmasta ja tutkimusohjelmasta tarkemmin internetsivulla

<http://www.vtt.fi/ene/tutkimus/finnus/index.html>

Ilmoittautumiset 25.10.2000 mennessä:

Arja Karlström

VTT Energia, PL 1604, 02044 VTT

Puh: +358 9 456 6674

E-mail: arja.karlstrom@vtt.fi

Pitkässä juoksussa

Otsikon voi ymmärtää siten, että sillä tarkoitetaan maamme viidennen ydinvoimalan harkitsemis-, hakemis- ja hankintaprosessia. Proessin pitkä juoksuhan alkoi jo 1980-luvulla ennen Tshernobylin onnettomuutta, eikä ainakaan tätä kirjoitettaessa maalia ole näkyvissä. Niin siis voisi, mutta tässä kirjoituksessa se ei sitä tarkoita. Tarkoituksen ymmärtää paremmin, jos käyttää otsikon alkuperäistä englanninkielistä muotoa in the long run. Otsikolla yritän vihjata siihen, kuinka englannin kieli vaikuttaa jokapäiväiseen kielenkäyttöömme. Virikkeen kielikysymyksen käsittelyyn antoi lehtemme tämänkertainen kirjoitusvalikoima: useat artikkelista on laadittu (ja pyydetty) englanniksi. Englanninkielisiä artikkeleita pidetään itsestäänselvyksinä, usein suorastaan välttämättöminä, niin ydintekniikassa kuin muillakin tekniikan ja tieteen aloilla.

Englannin kielen ehdoton ylivalta on verraten uusi asia. Vähän taaksepäin tarkastellen Suomen ydinteknikot kohtasivat oikean kielivalikoiman. 1970-luvulla oli syytä perehtyä venäjään, ruotsiin ja englantiin, eikä saksan taitamisestakaan ollut haittaa. Laitostoimittajien sisäisenä kielenä oli maan oma kieli, ja Suomeen lähetetyt asiakirjatkin olivat usein tällä kielellä. Tarvittiin kääntäjiä ja tulkkeja, ja insinöörikunta kävi kielikursseilla ja oppi kieliä luonnonmenetelmällä. Oma toimintamme Suomessa tapahtui pääasiassa suomen kielellä, niin voimayhtiöissä kuin viranomais- ja tutkimusorganisaatioissakin. ATS:kin edisti suomen kielen käyttöä julkaisemalla monikielisen ydintekniikan sanaston.

Nyt tilanne on toinen. Yhtiöt ovat yhtyneet, ja englantia on niissä korvannut kansallinen kieli. Tekninen dokumentaatio on kohta kaikissa yhtiöissä englanniksi, ja muukin kommunikaatio tapahtuu enenevästi englannin kielellä. Samansuuntainen vaikutus on tietoliikenteen tehostumisella: kun dokumentit on helppo siirtää sähköisesti, ei kieliversioiden tekemiseen löydy motivaatiota. Vaikutusanalyysia voi jatkaa. Tutkimustoiminta on tullut alallamme täysin kansainväliseksi, ei vähiten EU:n vaikutuksesta, ja englantia on siinäkin ainoa yhteinen kieli. Kotimaisessa tutkimuksessakin vallitsevat samat lait. Tutkimusraportit laaditaan englanniksi, mm. sen takia että kansainvälinen arviointi olisi mahdollista. Valtavirtaa vastaan on sinittelty lähinnä vain pohjoismainen yhteistyö. Siinä on periaatteena, että jokainen käyttää äidinkieltään: ruotsalainen ruotsia, tanskalainen tanskaa - suomalainen suomea?

Onko tässä jotain valittamista? Ei sinänsä. Aikamme lingua franca on huono englantia, aivan samoin kuin munkkilatina oli sitä keskiajalla. "Kaikki" osaavat sitä ja "kaikki" käyttävät sitä. Kan-



sallisten kielten on alistuttava asemaansa. Vaikka suomikin on EU:n virallinen kieli, sen todellinen kansainvälinen käyttö rajoittuu vain joihinkin virallisiin yhteyksiin. Suomen kielen käyttäjiä on useimmilla erikoisaloilla niin pieni määrä, että heidän lukuaan voidaan oman ammattialamme termein verrata alikriittiseen määrään. Jos emme itse ylläpidä aktiivisin toimin suomen käyttöä, se on erikoisaloilla vaarassa kuitua pois.

Kärjistäen voi kysyä, onko suomen kieli kaunis ja kallis esine, joka pitää panna vitriiniin ja ottaa esille juhlapäivänä. Eikö se enää toimi arkipäiväisenä työkaluna? Suomessa ei kielellä ole niin voimakasta kulttuuriarvoa kuin monessa muussa maassa. Useimpien mieleen tulee tässä yhteydessä Ranska, mutta asia taidetaan Saksassakin. Todistin tapausta eräässä kansainvälisessä kokouksessa, jossa saksalainen ministeri totesi puheensa aluksi, että puhuessaan Saksan maaperällä hän käyttää saksan kieltä. Suomalainen hahmottaa kielensä enemmän yksilön kuin kansakunnan asiaksi. Suomenruotsalaisetkin haluavat olla finländare, ei finne.

Onko kansalliskielten aseman heikkeneminen alkanut valmistaa maaperää kaksikielisen eurooppalaisen eliitin synnylle? Jos tämä on totta, olemme heikolla jäällä. Selkeä ja kaikkien kansalaisten ymmärtämä yleiskieli on demokraattisen tiedonvälityksen perusta. Ydinvoiman kannalta se on suorastaan ehto, sillä ydinvoiman hyväksyntä edellyttää toimivaa tiedonvälitystä asiantuntijoiden ja yleisön välillä. Tieteen ja tekniikan edustajien on osattava puhua ja kirjoittaa omasta alastaan myös äidinkiellellä, jos Suomessa ei haluta palata asiassa sata vuotta taaksepäin.

Kaikkea toivoa ei toki pidä heittää kierrätysastiaan. Ainakin omalla alallamme suomen kieli on vielä kunniaassaan. Tässäkin lehdessä on useita suomeksi kirjoitettuja artikkeleja, jotka käsittelevät ulkomaisten laitostoimittajien hankkeita. Ja syyskuussa ATS jakoi kaikille jäsenilleen uudistetun monikielisen ydintekniikan sanaston – oikea kulttuuriteko.

The Power of GE Technology at Work.

Fuel. Services. New Plants.

Technology has the power to create value. Value for your business. Value for your shareholders.

For forty years GE has been steadfast in its commitment to the BWR technology. More than ever we are turning that technology into products and services that help our customers extract more value from their nuclear plants and meet the challenges of market competition.

The design, supply and construction of ABWR plants in Japan and Taiwan has kept GE at the forefront of developing new technology and applications not just for the ABWR but for the worldwide fleet of BWRs as well. Having an active new plant business sustains a deep reservoir of engineering talent for the future.

The European ABWR Nuclear Plant.

The ABWRs in Japan are now in their fourth cycles of operation. By every measure, these two units have proven themselves successful. The construction of two more ABWRs in Taiwan, which were selected after an intense international competition, is proceeding smoothly.



Attention is now being focused on Europe where the ABWR is being adapted to meet European safety requirements through utility sponsored programs.

Fuel, operating plant services, new plants. BWR technology with all the strength of GE behind it.



For a copy of "ABWR Plant General Description" on CD or in paperback please contact:

General Electric International, Inc.
Mr. Anders Carlson
S:t Eriksgatan 117, Box 6770
SE-113 85 Stockholm
Sweden
Fax: +46-8-4579518
E-mail: anders.carlson@gene.ge.com



GE Nuclear Energy

SUOMEN
ATOMITEKNILLINEN
SEURA -

ATOMTEKNISKA
SÄLLSKAPET
I FINLAND ry



Kannatusjäsenet:

ABB Power Oy
Fortum Oyj
Fintact Oy
Oy Helium Gas Research HGR Ltd
Kemira Oy, Energia
Mercantile-KSB Oy Ab
NAF Oy
Patria Finavitec Oy
Perusvoima Oy
Pohjolan Voima Oy
Posiva Oy
PRG-Tech Oy
Rados Technology Oy
Platom Oy
Saanio & Riekkola Oy
Siemens Osakeyhtiö
Soffco Oy Ab
Suomen Atomivakuutuspooli
Teollisuuden Voima Oy
VTT Energia
VTT Valmistustekniikka
YIT-Huber Oy

ATS internetissä:

<http://www.vtt.fi/ene/ye/ats/index.html>