

ATS Ydintekniikka 2/1985

PERUSVOIMAKYSYMYS AJANKOHTAISTUU	Krister Ahlström	1
MIKÄ ON INSAG?	Antti Vuorinen	2
SÄTEILYTURVAKESKUS - VIRANOMAINEN JA ASIANTUNTIJA		8
VÄESTÖ- JA SÄTEILYANNOKSET KAUKOKULKEUTUMISEN SEURAUKSENA - TUTKIMUS	Göran Nordlund	14
HUONEILMAN RADON	Olli Castrén	17
NUCLEAR GENERATION GROWTH FASTEST SINCE 1977		24
TVO:n POLTTOAINEEN KÄYTTÖKOKEMUKSET	Eero Patrakka	26
YDINVOIMAJÄTTEIDEN LOPPUSIJOITUKSEN SUUNNITTELU JATKUU	Hannu Härkönen	32
VVER-440 SOVELTUVUUSSELVITYKSEN KOHTEENA	Kalevi Mäkelä	43
YDINKÄYTTÖINEN JÄÄNMURTAJA - SUOMALAISEN LAIVAN- RAKENNUSTEOLLISUUDEN VAATIVIN KOHDE	Kimmo Juurmaa	45
YDINENERGIALAINSÄÄDÄNNÖN KOKONAISUUDISTUS - II osa	Juhani Santaholma	48
HIUKKASFYSIIKAN KUULUMISIA	Risto Orava	61
YDINENERGIA-ALAN SUOMALAIS-SAKSALAINEN YHTEISTYÖ	K Kilpi, R Rintamaa	65
ANSTRÄNGINGARNA ATT MOTVERKA KÄRNVAPENSPRIDNING OCH IAEAs ROLL (sammandrag)	Hans Blix	70
ICONTT III		74

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO

2/1985

JULKAISIJA

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

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA
FT MIKKO KARA
P. 90-6090553

IMATRAN VOIMA OY
MALMINKATU 16
00100 HELSINKI

ERIKOISTOIMITTAJA
DI KLAUS SJÖBLÖM
P. 915-550431

IMATRAN VOIMA OY
07900
LOVIISA

ERIKOISTOIMITTAJA
DI AHTI TOIVOLA
P. 938-18220

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
27160
OLKILUOTO

TOIMITTAJA
FM LAUNO TUURA
P. 90-6172471

HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
KAMPINKUJA 2
00100 HELSINKI

JOHTOKUNTA

PUHEENJOHTAJA
DI HEIKKI RAUMOLIN
P. 90-605022

TEOLLISUUDEN VOIMA OY
FREDRIKINKATU 51-53
00100 HELSINKI

JOHTOKUNNAN JÄSEN
TKT ERKKI AALTO
P. 90-6160250

IMATRAN VOIMA OY
EERIKINKATU 27
00180 HELSINKI

VARAPUHEENJOHTAJA
DI HARRY VIHARIÄVAARA
P. 90-648435

SÄHKÖNTUOTTAJIEN YHTEISTYÖ-
VALTUUSKUNTA (STYV)
LÖNNROTINKATU 4 B
00120 HELSINKI

JOHTOKUNNAN JÄSEN
TKL JUUKA LAAKSONEN
P. 90-6167296

SÄTEILYTURVAKESKUS
KALEVANKATU 44
00180 HELSINKI

SIHTEERI
DI ESKO TUSA
P. 90-6090846

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI

JOHTOKUNNAN JÄSEN
TKT KARI TÖRRÖNEN
P. 90-4565391

VTT/METALLILABORATORIO
METALLIMIEHENKUJA 6
02150 ESPOO

RAHASTONHOITAJA
FK LEENA KATAJAPURO
P. 90-4512826

TKK/KIRJASTO
OTANIEMENTIE 9
02150 ESPOO

TOIMIHENKILÖT

YLEISSIHTEERI
FK LAURI RANTALAINEN
P. 90-6090949

IMATRAN VOIMA OY
PL 138
00101 HELSINKI

EKSKURSIOSIHTEERI
DI PERTTI SALMINEN
P. 90-648931

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB.
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI

KANS.VÄL.YHTEYKS.SIHT
DI KLAUS KILPI
P. 90-4564148

VTT/E-OSASTON KANSLIA
VUORIMIEHENTIE 5
02150 ESPOO

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

VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LAB.
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI

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

Krister Ahlström

PERUSVOIMAKYSYMYS AJANKOHTAISTUUS

Perusvoimaratkaisusta on tullut merkittävä osa teollisuuspolitiikkaa, koska epätietoisuus erityisesti sähköenergian riittävästä tarjonnasta ja tulevasta hintakehityksestä saattaa teollisuuden epävarmuuden tilaan, joka jatkuessaan johtaa epätaloudellisiin ja tulevaisuutta ajatellen jopa lyhytnäköisiin ratkaisuihin.

Vaikka teollisuus pyrkii kaikin mahdollisin keinoin säästämään energiaa ja hyödyntämään kaiken tuotantoprosesseista irtisaatavan lämmön ja voiman tullaan silti tarvitsemaan uutta perusvoimaa. Energian säästäminen ja tehostettu käyttö saattavat vähentää kokonaisenergian kulutusta, mutta samalla sähkönkulutusta väistämättä lisääntyy.

Lisääntyvää sähkönkulutusta ei teollisuuden mielestä voida tyydyttää millään muulla tavalla kuin rakentamalla lisää perusvoimaa. Teollisuus kannattaa väkkaasti viidennen ydinvoimalan rakentamista maahamme, jotta jo 1990-luvun alussa näkyvä sähköenergian vajaus voidaan tyydyttää, samanaikaisesti kun sähkönhintakehitys voidaan pitää aisoissa ja ennakoitavissa. Ydinvoiman rakentaminen ei teollisuudelle ole itsetarkoitus vaan puhtaasti taloudellinen ratkaisu. Hanke on siksi suuri, ettei siihen ryhdytä, ellei sen kannattavuudesta olla perusteellisen varmoja.

Erityisesti metsäteollisuutemme tulee vastaisuudessa tarvitsemaan lisääntyvässä määrin sähköä tuotantonsa pyörittämiseksi. Metsäteollisuus on edelleen hyvinvointimme tukipilari, jonka tulevasta kehityksestä meidän on pidettävä huolta, jos tahdomme ylläpitää nykyisen elintasomme ja sitä edelleen kohentaa.

Vain uudistuva ja kehittyvä teollisuus voi vastata niihin tulevaisuuden haasteisiin, joita kansantaloudelle asetetaan. Nämä haasteet on mitoitettu alati jatkuvan taloudellisen kasvun varaan. Tätä taloudellista kasvua meidän on turhaa toivoa, ellei teollisuus ja nimenomaan ulkomaankaupamme kannalta merkittävä metsäteollisuus saa riittäviä takeita siitä, että se voi edelleen menestyksellisesti kehittyä.

Mikään toinen läntinen teollisuusvaltio ei ole ulkomaankaupassaan yhtä riippuvainen raskaasta, paljon energiaa käyttävästä prosessiteollisuudesta kuin Suomi. Tästä johtuen on sähköenergian hinta ja saatavuus teollisuudellemme kohtalon kysymys. Vaihtoehtoja ei meillä ikävä kyllä ole. Perusvoimaratkaisusta on nyt huolehdittava, sillä vain kannattava, kehittyvä ja elinvoimainen teollisuus mahdollistaa tulevaisuuden hyvinvointimme.

Mikä on INSAG?

Kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) päätehtävänä on sotilaallisen ydinenergian käytön leviämisen estämiseen tähtäävät valvontatoimet ja rauhanomaisen ydinenergian käytön edistäminen.

Tarkoituksenaan IAEA pyrkii toteuttamaan monin eri tavoin järjestämällä esim. tiedonvaihtoa, toteuttamalla konkreettista tarkastustoimintaa, välittämällä teknillistä apua materiaalisena avustuksena tai asiantuntija-apuna sekä koulutuksena ja valmistelemalla erilaisia alan selvityksiä sekä eriasteisia suosituksia jäsenmaiden käyttöön.

Parhaiten IAEA lienee tullut tutuksi "atomi- ja säteily"-alan ihmisille kansainvälisten kokousten järjestäjänä ja jo 60-luvulla laajalle levinneistä Safety Series -sarjan keltaisin kansin varustetuista suosituskirjoituksista.

Ydinturvallisuudella on IAEA:n toiminnassa muodollisesti aika vaatimaton osuus. Onhan turvallisuus yhden osaston, Department of Nuclear Energy and Safety, osittaisena tehtävänä ja siten, että tälle osastolle vasta kymmenkunta vuotta sitten perustettiin Division of Nuclear Safety. Ydinenergia- ja safeguards-asiat samoin kuin teknillisen avun toiminnot ovat olleet ja ovat vieläkin etusijalla IAEA:n toiminnoissa. Nämä ovat sopivia poliittisen ohjailun ja keskustelujen kohteita ja IAEA:n ylin hallinto on joutunut ajan mukana enenevässä määrin poliittisen kontrollin alaisuuteen. Atomialan veteraaniammattimiehet ovat siirtyneet eläkkeelle ja yleiskokoukseen tulevien delegaatioiden puheenjohtajat lienevät jo kaikki ulkoministeriöiden virkamiehiä.

IAEA:n panos ydinturvallisuusrintamalla on kuitenkin viimeisten 10 vuoden aikana merkittävästi voimistunut. On

luonnollista, että Public acceptance -kriisitilanteessa on paremmin oivallettu IAEA:n potentiaaliset mahdollisuudet ja yritetty käyttää niitä. IAEA:n tapaisen kansainvälisen organisaation rattaat jauhavat tietysti varsin verkkaisesti, mutta käyntiin lähdettyä valmistakin tulee. Kymmenen vuotta sitten käynnistettiin ydinturvallisuusdivisioonan yhden osan (Section for Safety of Nuclear Installations) toimesta Nuclear Safety -standardien valmistelu (NUSS-ohjelma). Tämä ohjelma on tänä vuonna saavuttamassa tavoitteensa. Toisin sanoen viisi perusdokumenttia eli "Code of Practice" -merkinnällä varustettua IAEA:n terminologian mukaista turvallisuusstandardia ja niihin liittyvinä 55 kpl "Guide"-merkinnällä varustettua lisäsuositusta on tarvitsijoiden käytössä.

Moni suomalainenkin asiantuntija on osallistunut kyseisten dokumenttien valmisteluun. IAEA:n käyttämien turvallisuus-asiantuntijoiden keskuudessa NUSS-ohjelman toteutuksen pääasiantuntijat, SAG-ryhmä (Senior Advisory Group) ja viittä eri aluetta edustavat teknilliset asiantuntijaryhmät ovat mudostaneet huomattavan kansainvälisen turvallisuus-asiantuntijakaartin. Nyt tämän kaartin ohjelma on päättyvässä. Tietenkin on niin, että osa lähes 10 vuotta sitten valmistuneista dokumenteista kaipaa uudistamista. Missä laajuudessa uudistusohjelmaa toteutetaan, on minulle epäselvää, mutta IAEA:n sihteeristön taholta on laajaan ohjelmaan suhtauduttu pidättyvästi.

Kun IAEA:n ulkopuolella herätettiin ajatus jostakin uudesta kansainvälisestä "turvallisuuselimestä" ja kun samalla IAEA:n taholla mietittiin, mitä NUSS-ohjelman jälkeen, ei ole ihme, että IAEA:n sihteeristön turvallisuusmiehisä ajatus synnytti innostusta, joka vuoden vaihteen tienoilla sitten konkretisoitui INSAG:n (International Nuclear Safety Advisory Group) perustamiseen.

Ajatuksen isänä mainitaan amerikkalainen AEC:n entinen puheenjohtaja Manning Muntzing, joka 1982 Argentiinassa pidetyn kansainvälistä teknologian siirtoa koskevan konferenssin yhteydessä puhui tarpeesta perustaa "International

Nuclear Safety Institute". On jokseenkin selvä, että Muntzingin esityksen takana oli USA:ssa vallitseva Public acceptance -kriisi. Tehtyä esitystä seurasi keskustelu ja kulissien takaiset valmistelut, joita ehkä lopultakin leimasivat enemmänkin epäilyt ja vastustus kuin into saada aikaan jotain uutta ja merkittävää. Pidättyvästä suhtautumisesta huolimatta IAEA:ssa jatkettiin valmisteluja ja tunnusteluja, jotka johtivat varsin yleiseen tehtävämäärittelyyn ja ryhmän perustamiseen tämän vuoden alusta alkavaksi kolmivuotiskaudeksi.

Perustetun INSAG-ryhmän tehtävänä, aika vapaasti suomennettuna, on:

1. Toimia tiedonvaihtofoorumina kansainvälistä merkitystä omaavissa geneerisissä ydinturvallisuusasioissa.
2. Identifioida ajankohtaisia ydinturvallisuusasioita ja tehdä johtopäätöksiä IAEA:n toiminnan tuloksena tai muutoin hankitun informaation nojalla.
3. Antaa neuvoa siitä, missä turvallisuusasioissa informaation vaihtoa tai muita toimintoja tarvitaan.
4. Muotoilla, silloin kun se on mahdollista, yhteisesti hyväksyttävissä olevia turvallisuusperiaatteita.

Ryhmään on IAEA:n pääjohtaja Blix kutsunut 13 jäsentä, jotka on nimitetty asiantuntijoina (in personal capacity) - ei valtioiden virallisina edustajina. Jäsenten valintaan ovat kuitenkin vaikuttaneet ydinenergian hyväksikäyttö, maantieteellinen jakautuma ja eräät muut tekijät. Valittujen työnantajat edustavat myös tasaisesti tutkimusta, viranomaisia ja teollisuutta.

Kaudeksi 1985 - 88 nimitetty INSAG-ryhmä on seuraava:

Brasilia	Witold Lepecki
Kanada	D. A. Meneley
Kiina	Dai Chuanzeng

Suomi	Antti Vuorinen
Ranska	Pierre Tanguy
Itä-Saksa	Helmut Rabold
Länsi-Saksa	Adolf Birkhofer
Intia	N. Veeraraghavan
Japani	Masao Nozawa
Etelä-Korea	KunMo T. Chung
Iso-Britannia	Bryan Edmondson
USA	Herbert J.C. Kouts
Neuvostoliitto	E.P. Ryazantsev

Ryhmää koskevista yleisistä asioista on vielä syytä mainita seuraavaa:

- IAEA:n pääjohtaja nimeää ryhmälle puheenjohtajan
- Ryhmän kokoukset ovat epävirallisia ja niissä käytettyjä puheenvuoroja ei oteta nauhalle. Ryhmä pitää vain omaa tarvettaan varten pöytäkirjaa.

INSAG:n ensimmäinen kokous pidettiin Wienissä 11. - 13.3. 1985. Kokoukseen oli kutsutuista saapunut 12. Kokouksen kuluessa saatiin nimetyn neuvostoliittolaisen jäsenen osalta tieto, että hän osallistuu seuraavaan kokoukseen. Järjestelyjä ei ehditty saada valmiiksi ennen tätä kokousta.

Kolmesta kokouspäivästä puolet meni käynnistämiseen, toisin sanoen ensiksi vuoropuheluun pääjohtajan kanssa tavoitteista, toimintamuodoista ja muista periaatteista ja sitä seuranneisiin maakohtaisiin ydinturvallisuuskatsauksiin. Katsaukset herättivät tietenkin keskustelua ja niissä esitettiin mielipiteitä mahdollisista työkohteista.

Ryhmän varsinainen työskentely käynnistyi toiminnan kohteeksi esitettyjen pääteemojen priorisoinnilla. Ensivaiheen kohteiksi valittiin seuraavat kolme (suluissa päävastuulliset valmistelijat):

1. Source term (Kouts)
2. Incident information feedback (Tanguy)
3. Human effect (Nozawa)

Toisen vaiheen tärkeiksi aiheiksi todettiin

4. Quality assurance
5. Safety goals

Kokouksen kannalta mielestäni tärkeintä oli havaita tietynasteinen valmius yhteistyöhön, joskin työskentelyn muodossa ja käyntiinlähdössä ei päästy sihteeristön toivomalla tavalla työllistämään IAEA:n koneistoa. Tässä suhteessa suurista NEA-maista peräisin olevat edustajat olivat selvästi pidättyväisiä.

Kun otetaan tavoitteeksi vain erittäin merkityksellisten turvallisuusasioiden käsittely, halu välttää jo tehdyn työn (mm. NEA:n piirissä tehdyn) toistamista, pidättyminen turvallisuusnormien valmistelusta ja kansallisille viranomaisille kuuluvista töistä, joudutaan tarkkaan miettimään jäljelle jäävää roolia. Se kiteytyy ja hahmottuu vähitellen.

Kansainvälisessä työskentelyssä, jossa pyritään hyödyllisiin tuloksiin hyväksikäyttäen tehokkaasti olemassa olevaa tietoa ja materiaalia, tärkeä aspekti on kansainvälisten organisaatioiden välinen yhteistyö. Ydinturvallisuusalalla OECD-maiden NEA:ssa toimiva CSNI (Committee on Safety of Nuclear Installations) ja sen yhteydessä toimiva Sub-Committee on Licensing käsittelevät hyvin ajankohtaista ja tärkeitä tietoa. Samaa voi arvella SEV-maiden yhteisestä ydinturvallisuustoiminnasta, josta on tosin aika vähän saatu tietoa. IAEA:lla on luonnollisesti yhteistoimintasopimukset ko. järjestöjen kanssa, mutta käytännössä yhteyksien hyödyllisyys on paljolti riippuvainen erillisjärjestelyjen tuloksellisuudesta. Onnistumiseen näyttävät ihmeenkin voimakkaasti vaikuttavan henkilösuhteet. Järjestöjen sihteeristöt ovat tietyllä tavalla kilpailuasemissa.

Pienissä suomalaisissa ympyröissä ei niin helposti nähdä kaikkia suurten maiden vaikeuksia. Mm. CSNI:n toimintaan liittyvä USA:n taholta tehty ehdotus laajentaa CSNI:n toimintaan osallistuminen käsittämään myös ydinenergiateol-

lisuuden edustajat johtuneet ainakin osaltaan USA:n sisäisistä kommunikointivaikeuksista.

On syytä olettaa, että INSAG:n tuleville saavutuksille on hyötyä siitä monipuolisesta taustasta, joka valituilla jäsenillä on. Samalla on pidettävä mielessä mahdollisesti aiheutuva haitta, jos INSAG:n aikaansaannoksia pyritään väärällä tavalla hyväksikäyttämään kansallisten viranomaisten vaatimusten ohittamiseksi tai muutoin painostamiseksi.

INSAG:sta puhuttaessa on vertailukohteena useasti mainittu ICRP, joka vuosikymmenien kuluessa on saanut arvostetun aseman. Jos INSAG ajan mittaan tulee tunnetuksi pienen piirin ulkopuolella, tapahtunee se hieman toisin perustein kuin mitä ICRP:n suhteen on käynyt.

Ylijohtaja Antti Vuorinen toimii INSAG:n puheenjohtajana alkaneella toimikaudella (toim. huom.)

SÄTEILYTURVAKESKUS - VIRANOMAINEN JA ASIANTUNTIJA

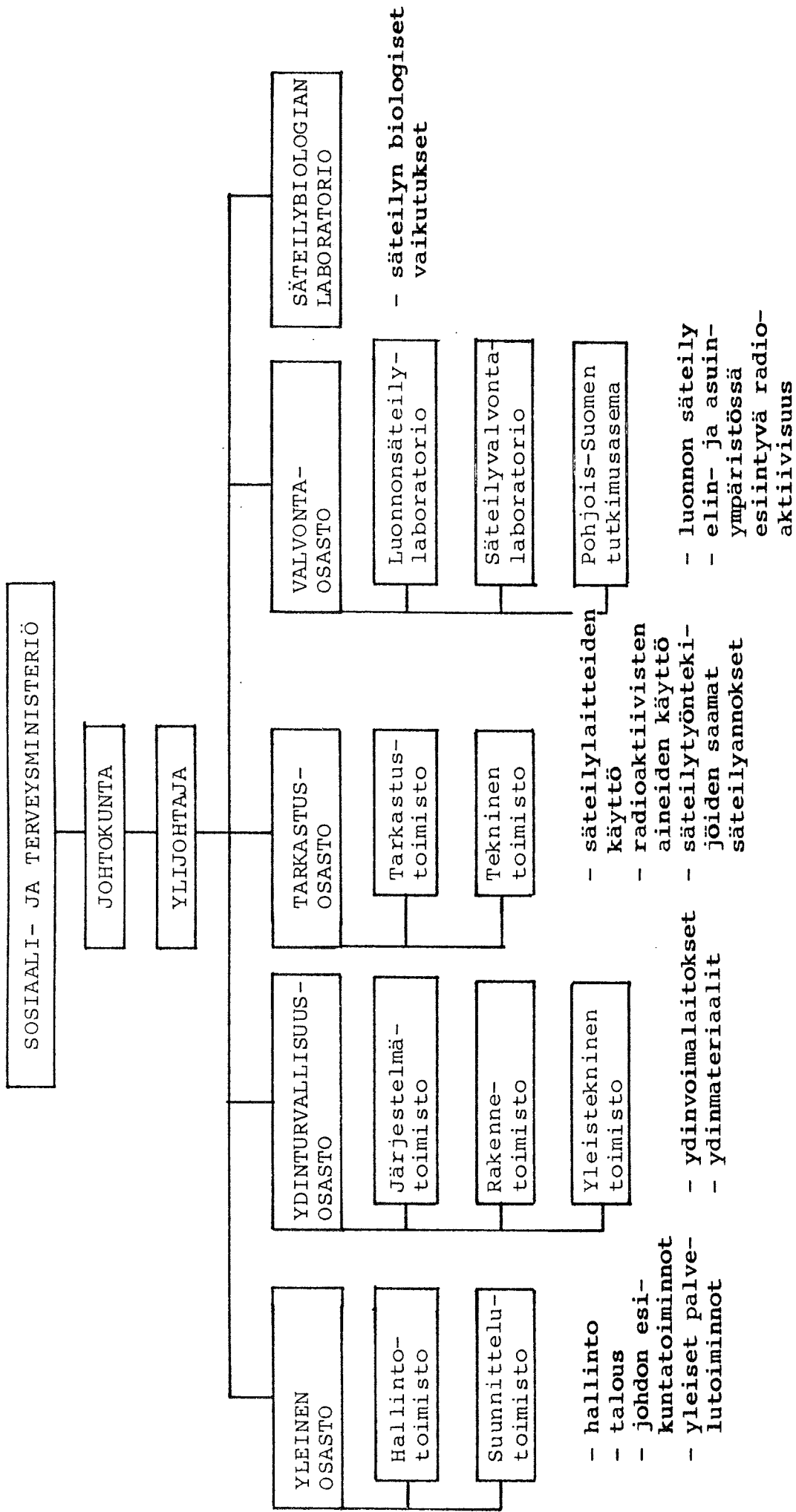
Säteilyturvakeskus (STUK) on valtion viranomainen, joka vastaa säteily- ja ydinturvallisuusvalvonnasta Suomessa. Viranomaisrooliin kuuluu lupa-asioiden käsitteleminen, vaatimusten asettaminen ja määräysten antaminen siinä tarkoituksessa, että säteilyn vahingolliset vaikutukset tulevat estetyksi ja rajoitetuksi.

Viranomaistehtävässä onnistuminen, turvallisuusvalvonnan taso, riippuu ratkaisevasti siitä asiantuntemuksesta, joka vaatimusten ja määräysten takana on. STUK:n palveluksessa on 216 henkilöä, joista yli puolet on erikoiskoulutettuja tekniikan, fysiikan, kemian, säteilybiologian ja muiden ao. alojen asiantuntijoita. Asiantuntijarooliin kuuluu myös se, että merkittävä osa keskuksen resursseista on suunnattu tutkimus- ja kehitystyöhön.

STUK on virastoksi nuori, toiminta alkoi vuonna 1958. Tämän jälkeen tehtävät ovat nopeasti kasvaneet, ja viimeksi keskuksen organisaatio on uudistettu v. 1984 paremmin vastaamaan nykyistä tehtäväkenttää.

STUK:n johdossa on ylijohdaja. Toiminta on organisoitu neljäksi osastoksi: yleinen osasto, ydinturvallisuusosasto, tarkastusosasto ja valvontaosasto. Lisäksi on erillisenä tutkimusyksikkönä säteilybiologian laboratorio. Keskuksen organisaatio ja toimintayksiköiden valvonta-alueet pääpiirteissään on esitetty kuvassa 1.

SÄTEILYTURVAKESKUKSEN (STUK)
ORGANISAATIO JA TOIMINTAYKSIKÖIDEN
VALVONTA-ALUEET



Kuva 1 Säteilyturvakeskuksen organisaatio

Tässä ja seuraavissa numeroissa julkaistava artikkelisarjamme esittelee säteilyturvakeskuksen työtä osastoittain. Sarjan aloittaa ydinturvallisuusosasto.

VALVONTAKOHTEENA YDINVOIMALAITOKSET

Ydinturvallisuusosaston tehtävänä on valvoa ydinlaitoksia, ydinmateriaaleja ja ydinjätteitä. Ydinlaitosten turvallisuusvalvonta kohdistuu ydinturvallisuuden lisäksi ydinlaitosten säteilyturvallisuuteen ja käsittää myös paineastiatarkastukset.

Osaston tehtävien erittely näkyy kuvan 2 esittämässä organisaatiokaaviossa.

Ydinlaitokset

Pääosa osaston toiminnasta kohdistuu ydinlaitosten suunnittelun, rakentamisen ja käytön tarkastamiseen. Toiminnan eri vaiheita ja niiden liittymistä atomienergiälain mukaisiin lupapäätöksiin on havainnollistettu kuvassa 3.

Merkittäviä vaiheita ovat laitospolttokonseptin turvallisuuden alustava arviointi ja laitospaikan sopivuuden arviointi ennen lausunnon antamista rakentamislupahakemuksesta KTM:lle, rakentamisen aikana tapahtuva rakenteiden ja laitteiden suunnittelun ja valmistuksen yksityiskohtainen tarkastus, laitoksen turvallisuuden yksityiskohtainen arviointi ja käyttöehtojen tarkastus ennen lausunnon antamista käyttöluupahakemuksesta, koekäytön valvonta ja käytön aikainen valvonta.

Ydinpolttokäytön huolto

Ydinvoimalaitosten polttokäytön huollon valvonta kohdistuu ydinpolttokäytön hankintaan, käsittelyyn, varastointiin ja käyttöön sekä eri vaiheiden välisiin kuljetuksiin. Osasto huolehtii lisäksi ydinmateriaalien kansallisesta

valvontajärjestelmästä, johon sisältyy myös turvajärjestelyjen valvonta.

Ydinjätteet

Toistaiseksi ydinjätehuollon valvonta käsittää ydinjätteiden väliaikaisen varastoinnin valvonnan ja loppusijoitukseen tähtäävien tutkimusten ja suunnitelmien valvonnan. Valtioneuvosto on asettanut tavoitteet ydinjätehuollon suunnittelulle. Niiden mukaan voimalaitosjätteiden loppusijoitus alkaa 1990-luvulla ja korkea-aktiivisen jätteen loppusijoituspaikasta tehdään tarvittaessa päätös vuoteen 2000 mennessä.

Tutkimus

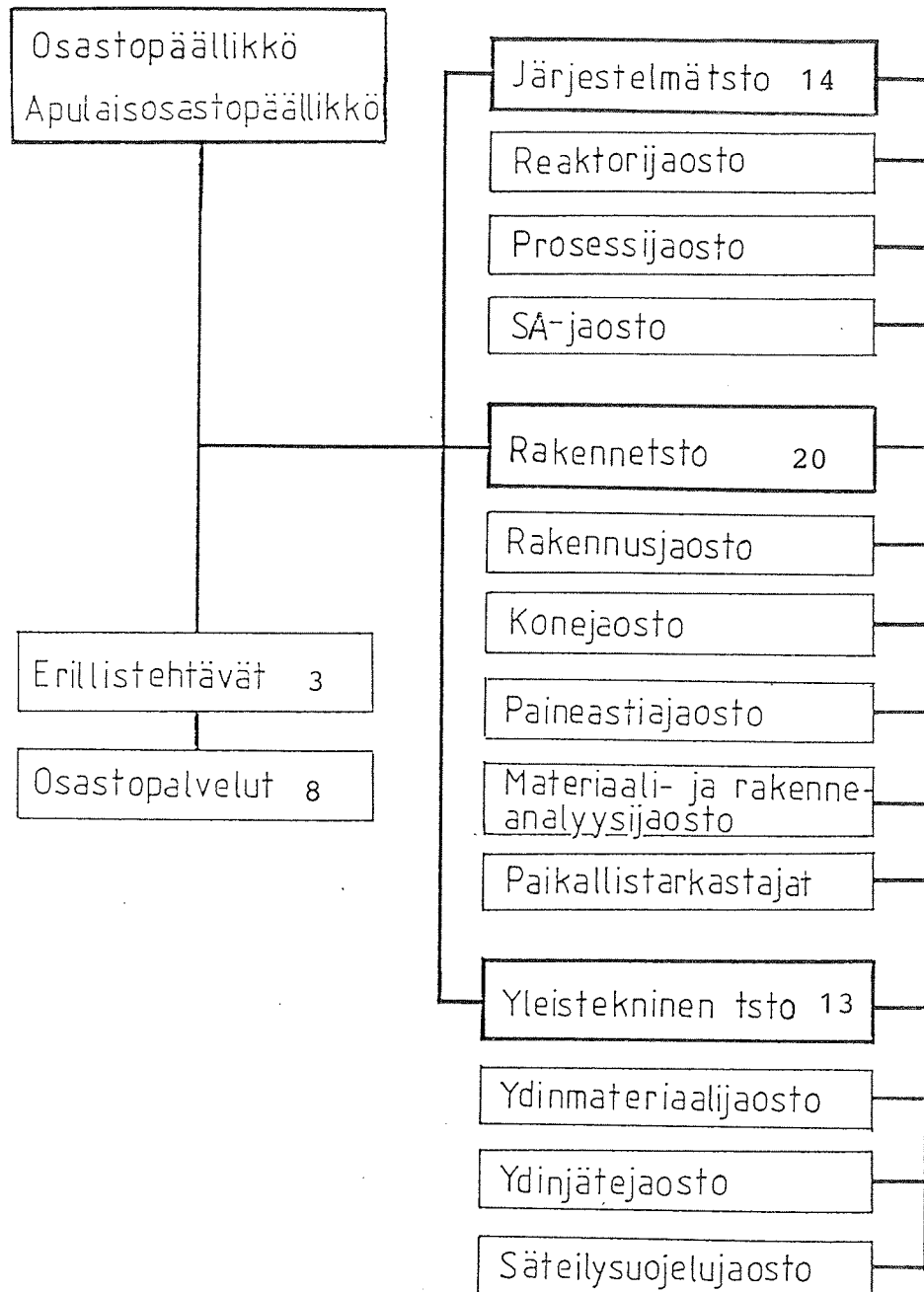
Ydinturvallisuusosastolla tehdään jossain määrin tarkastustoimintaa tukevaa tutkimusta (ydinmateriaalien mittausmenetelmät, luotettavuustekniikka, murtumistekniikka). Lisäksi STUK tilaa budjettinsa rajoissa muilta tutkimuslaitoksilta ydinturvallisuusvalvontaa palvelevia tutkimuksia ja analyysyjä. STUK:n asiantuntijat ovat myös mukana ohjaamassa ydinturvallisuusalan tutkimustoimintaa VTT:n julkisrahoitteisissa projekteissa.

Ohjeet

STUK julkaisee ydinvoimalaitosten ja ydinmateriaalien turvallisuusvalvonnan menettelytapoja ja vaatimuksia täsmentäviä YVL-ohjeita. Ohjeen valmistelu on monivaiheinen prosessi, johon kuuluu myös STUK:n ulkopuolisten asiantuntijatahojen kuuleminen ennen ohjeen lopullista käsittelyä ja julkaisemista.

Raportit

Ydinvoimalaitosten käyttötapauksia julkaistaan säännöllisesti "neljännesvuosiraportissa" ja alan asiantuntijoille tarkoitettussa yksityiskohtaisemmassa "huomionarvoiset tapahtumat" -raportissa.



Kuva 2

Ydinturvallisuusosaston tehtävien erittelyä kuvaava organisaatiokaavio. Vahvuus 61 henkilöä.

LUVAT VALVONTAVAIHEET

Alustavat suunnitelmat

Alustava turvallisuusseloste ja lisäksi aihekohtaiset raportit, luokitus, turvajärjestelyt ja laadunvarmistussuunnitelma

Rakentamislupaehdot

Rakentamislupa

Laitteet ja rakenteet

- suunnitelmien ennakkotarkastus
- valmistajien arviointi
- rakennetarkastus
- käyttöönottotarkastus

Polttoaine

- edelläolevien lisäksi
- kuljetukset ja käsittely
- kirjanpito

Lopullinen turvallisuusseloste

Turvallisuustekniset käyttöehdot

Katsastus ja turvallisuusarvio

Polttoainelupa

Käyttölupa

Käyttölupaehtojen toteutus

Koekäyttö

- portaittainen tehonnosto

Käyttö

- määräaikaiset tarkastukset eri aloilla
- käyttötapaukset

Seisokit

- korjaus- ja muutostyöt
- lataus

Kuva 3

Ydinvoimalaitosten turvallisuusvalvonnan kohteet ja niiden ajoittaminen atomienergiain mukaisiin lupiin nähden.

ILMATIETEEN LAITOS

Göran Nordlund
Toimistopäällikkö

24.5.1985

VALMISTUNUT TUTKIMUS YDINVOIMALAITOSTEN AIHEUTTAMISTA VÄESTÖ- JA SÄTEILYANNOKSISTA KAUKOKULKEUTUMISEN SEURAUKSENA

Ilmatieteen laitoksen ja Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen yhteistyönä on vuodesta 1982 lähtien tehty KTM:n rahoituksen turvin tutkimus ydinvoimalaitosten radioaktiivisuuspäästöjen aiheuttamista säteilyannoksista alueellisessa mittakaavassa (50-2000 km). Tutkimuksen yhteydessä kehitetty laskentamenetelmä mahdollistaa esim. Keski-Euroopassa tapahtuneen ydinvoimalaitosonnettomuuden Suomeen kohdistuvien vaikutusten arvioimisen.

Tavanomaisten ilman epäpuhtauksien, esim. rikin ja typpi-yhdisteiden, kaukokulkeutumisen merkitys on tiedetty jo kauan. Sen sijaan radioaktiivisten aineiden kaukokulkeutumisesta ei löydy montakaan artikkelia, jollei oteta huomioon globaalisia vaikutuksia käsitteleviä tarkasteluja. Radioaktiivisten aineiden kaukokulkeutumisen merkitys tulee kuitenkin jatkuvasti korostumaan uusien ydinvoimalaitosten ja radioaktiivisia päästöjä tuottavien laitosten yleistyessä. Tällöin muodostuu laaja alue, jolla on useita päästöjä. Päästöjen yhteisvaikutus suhteellisen kaukana olevassa paikassa saattaa tällöin olla jopa suurempi kuin lähellä olevan yksittäisen lähteen vaikutus säteilyannoksiin. Näin on tilanne useiden tavanomaisten ilman epäpuhtauskomponenttien kohdalla.

Aikasemmista radioaktiivisiin aineisiin kohdistuvista tutkimuksista voidaan mainita Englannissa ApSimon et al.:n tekemät mallilaskelmat. Kehittämänsä MESOS-laskentajärjestelmän avulla ApSimon'in työryhmä on arvioinut muutamien radioaktiivisia päästöjä tuottavien laitosten annosvaikutukset aina n. 2000 km etäisyydelle asti. Myös Ruotsissa Studsvik'in tutkimuslaitoksessa on pyritty laskemaan radioaktiivisten aineiden kaukokulkeutumista käyttäen alunperin rikille kehitettyä laskentamenetelmää. Meillä nyt kehitetty TRADOS-laskentajärjestelmä, joka on rakenteeltaan hieman kehittyneempi kuin esim. englantilaisten MESOS-järjestelmä, soveluu erityisesti yksilö- ja kollektiiviannosten laskentaan. Lisäksi voidaan määrittää kaukokulkeutumisesta aiheutuvien kollektiivisten annosten todennäköisyysjakaumat. Kehitetyt laskentamenetelmän sovellutuksena on laskettu annoskertymät Suomessa eri säätilanteissa Euroopan alueella tapahtuneen ydinvoimalaitosonnettomuuden seurauksena. Tarkasteltuja paikkakuntia (missä onnettomuuden on oletettu tapahtuneen) on ollut kuusi Suomen rajojen läheisyydessä sekä kauempana. Eri annosten kollektiiviset annosjakaumat

on toistaiseksi laskettu vain yhdeltä alueelta (Pohjois-Saksa), josta myös alla oleva esimerkki on otettu. Päästötyyppinä on käytetty saksalaisten määrittelemää nk. FK2-päästöstä johdettua päästöosuuksiltaan pienempää päästöä, jolle eri nuklidien vapautumisosuudet 1000 MW:n reaktorin sydämen aktiivisuudesta ovat seuraavat:

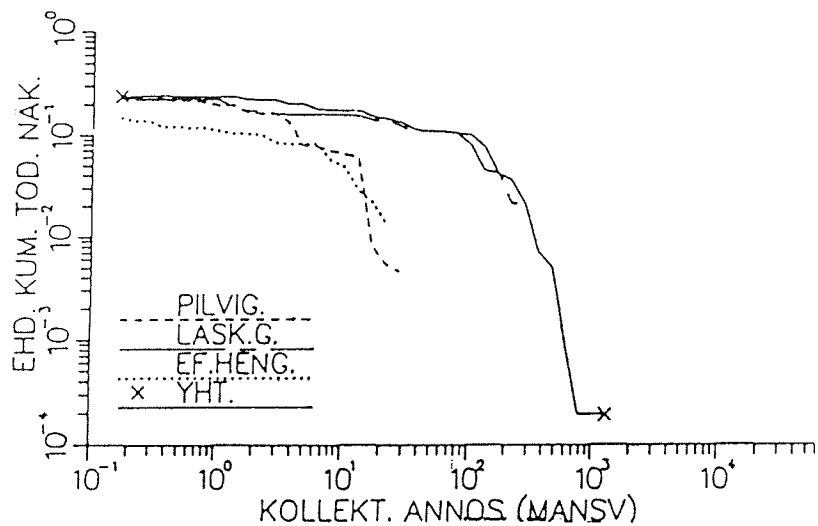
AINERYHMÄ						
Xe-Kr	I	Cs-Rb	Te-Sb	Ba-Sr	Ru ^{a)}	La ^{b)}
1	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$6,9 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$6,9 \cdot 10^{-5}$	$6,9 \cdot 10^{-5}$	$6,9 \cdot 10^{-5}$

a) sisältää Ru, Rh, Co, Mo, Tc

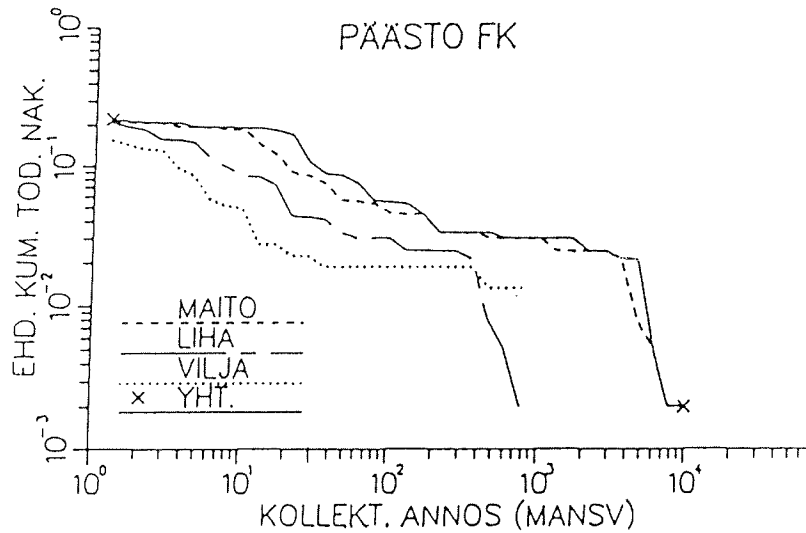
b) sisältää Y, La, Zr, Nb, Ce, Pr, Nd, Np, Pu, Am, Cm

Esimerkkinä laskentatuloksista on alla (kuvat 1 ja 2) esitetty Pohjois-Saksassa tapahtuneen FK-päästön eri annosten kollektiiviannosten todennäköisyysjakaumat Suomessa.

PAASTO FK



Kuva 1. Suomessa aiheutvien kollektiivisten annosten (ei ravintoaineteitä) ehdolliset todennäköisyysjakaumat Pohjois-Saksassa tapahtuneen päästöluokkaan FK kuuluvan onnettomuuden seurauksena.



Kuva 2. Suomessa aiheutuvien kollektiivisten ravintoainnosten ehdolliset todennäköisyysjakaumat Pohjois-Saksassa tapahtuneen päästöluokkaan FK kuuluvan onnettomuuden seurauksena.

Yllä olevat kuvat tulkitaan siten, että oletettu FK-päästö aiheuttaa esimerkiksi todennäköisyydellä 0,1 ravintoaineiden kautta väestöannoksen, joka on suurempi kuin 30 manSv sekä ulkoisten gammasäteilylähteiden ja hengityksen kautta väestöannoksen, joka on suurempi kuin 80 manSv. Kuvassa 2 nähdään ravintoannosteilla laakeat mutkat todennäköisyyden n. 0,1-0,03 välillä, jotka aiheutuvat ravintoannosten vuodenaikariippuvuudesta. Todella suuria annoksia seuraa päästön tapahduttua laidun- ja kasvukaudella, joiden pituus ja siten todennäköisyys on kuitenkin lyhyt verrattuna talvikauteen, jolloin ravintoannokset jäävät pieniksi. Todellisessa tilanteessa suuria laskeuma- ja ravintoainnoksia voitaisiin rajoittaa väestön evakuoinnilla, maaperän puhdistuksella ja saastuneiden ravintoaineiden käyttörajoituksilla. Erityisesti maidon osalta rajoitukset vaikuttaisivat varsin tehokkaasti johtuen ratkaisevien nuklidien lyhyestä puoliintumisajasta (esim, I-131 $t_{1/2} = 8$ d).

Laskentamenetelmän seurauksena on v. 1985 tarkoitus kartoittaa laajemmin riskitasot Suomessa Euroopan alueella tapahtuneen ydinvoimalaitosonnettomuuden jälkitilanteessa sekä luoda valmiussysteemi, jolla Suomessa kertyvät annokset tarvittaessa nopeasti pystytään arvioimaan.

Nyt valmistunut ja tässä esitetty tutkimus on tehty työryhmässä, johon ovat kuuluneet kirjoittajan lisäksi TKT Ilkka Savolainen, DI Jouni Partanen ja DI Jukka Rossi VTT:ltä sekä LuK Ilkka Valkama Ilmatieteen laitoksesta.

HUONEILMAN RADON

RADONIN SYNTY JA HAJOAMINEN

Radonia erkanee maankuoresta keskimäärin noin yksi atomi sekunnissa neliösentiltä. Radon on ainoa kaasumainen välituote pitkäikäisten uraani- ja toriumisotooppien hajoamisprosesseissa. Radonin isotoopeista merkittävin on radon-222, jonka puoliintumisaika on 3,8 päivää.

SÄTEILYANNOKSET

YK:n tieteellisen komitean UNSCEARin tuoreimpien arvioiden mukaan ihmisen vuotuinen säteilyannos on keskimäärin 2,4 millisievertiä (mSv). Radonin osuudeksi tästä arvioidaan 40 % (0,95 mSv). Koska huoneilman radonpitoisuus vaihtelee paljon sekä ajallisesti että paikallisesti, tarkkojen arvioiden ja varmojen kansainvälisten vertailujen teko on vaikeaa. Suomi näyttää kuitenkin sijoittuvan kärkipäähän.

Tutkimusten mukaan radonannos on Englannissa noin 0,6 mSv, Saksan liittotasavallassa 1 mSv, Suomessa 2,2 mSv ja Ruotsissa ehkä vielä hiukan suurempi. Sekä Suomessa että Ruotsissa radonin osuudeksi tulee yli puolet vuotuisesta kokonaissäteilyannoksesta, joka meillä on 4 mSv:n paikkeilla.

Kuvassa 1 on esitetty pientalojen radonpitoisuuden alueellinen vaihtelu Suomessa. Vuotuinen annos on joissakin meikäläisissä asunnoissa peräti useita satoja millisievertejä. Tämä ylittää moninkertaisesti säteilyöntekijän vuotuisen annosrajan, joka on 50 mSv.

MITTAUKSET PALJASTIVAT

Huoneilman radonin tärkeimmäksi tuottajaksi epäiltiin alun perin rakennusmateriaaleja. Tähän antoi aiheutta se, että eräs ruotsalainen kevytbetoni-laatu eritti varsin runsaasti radonia. Radon oli peräisin sen sisältämästä radiumista. Meillä samaa ongelmaa ei ole esiintynyt, koska Suomessa käytettyjen rakennusmateriaalien radiumpitoisuus on huomattavasti vähäisempi.

Sen sijaan eräiden porakaivojen veden radonpitoisuus on meillä maailman suurimpia. Jos näiden vettä käytetään esimerkiksi suihkussa, hengitysilman radonpitoisuus saattaa hetkeksi nousta yllättävän suureksi. Jonkin aikaa luultiinkin, että asuntojen radonia voitaisiin parhaiten valvoa seuraamalla porakaivoista otettavien talousvesien pitoisuuksia.

Vuosikymmenen vaihteessa päästiin tekemään laajoja huoneilman mittauksia; tämän mahdollistivat uudet kätevät ja halvat säteilynilmaisimet. Mittaukset osoittivat, että suuret radonpitoisuudet yleensä aiheutuvat rakennuksen perustuksen läpi tulevasta radonkaasusta.

Suurimmat radonpitoisuudet on mitattu pientaloista ja kerrostalojen alimmista kerroksista. Rakennusmateriaalit voivat olla radonin lähteinä merkittäviä vain kerrostalojen ylimmissä kerroksissa, samoin vesi, ellei sen radonpitoisuus ole poikkeuksellisen suuri.

MAASSA URAANIA, HUONEESSA RADONIA?

Säteilyturvakeskus on selvittänyt pientalojen radonpitoisuutta eri puolilla Suomea. Mittautuloksia on noin 3 900 talosta. Niin ikään on mitattu ulkoisen gammasäteilyn jakaumaa maassamme. Mittaustuloksissa on aika lailla yhtäläisyyttä. Esimerkiksi itäisellä Uudellamaalla ja Kymenlaaksossa gammasäteily on runsainta ja siellä myös pientalojen radonpitoisuuksien keskiarvot olivat suurimmat.

Yhtäläisyyksiin on luonnollinen syy: sekä gammasäteily että asuntoihin tunkeutuvan radonin määrä riippuvat maan pintakerroksen uraanipitoisuudesta.

Mittaukset eivät kuitenkaan täysin vastaa toisiaan, eikä radonpitoisuuksien alueellisesta vaihtelusta siten pystytä saamaan kuvaa pelkästään ulkoisen säteilyn mittauksin. Gammasteilyä lähettävät myös maanperän kalium ja torium, joiden pitoisuudet voivat vaihdella eri tavoin kuin uraanin. Gammasäteilyä tunkeutuu maanpintaan saakka vain tietysti syvyydestä, radonia sen sijaan voi kulkeutua asuntoon syvemmältäkin. Lisäksi vapautuvan radonin määrään vaikuttavat muutkin tekijät kuin maaperän keskimääräinen uraanipitoisuus.

YLÖS JA SISÄÄN

Maankuoressa muodostuu radonia kaiken aikaa, mutta suurin osa siitä ei koskaan pääse edes maankuoren huokosiin. Näiden radonkaasusta valtaosa hajoaa ennenkuin ehtii ulos maasta. Vain pieni osa radonista pääsee vapaaseen ilmaan maan pinnalle. Sinne radonia ovat vetämässä huokosilman virtaukset ja diffuusio.

Virtaukset ja diffuusio vaikuttavat myös taloon kulkeutuvan radonin määrään. Joskus taloon tulee radonia maan alta enemmän kuin samalta paikalta luonnontilassa siirtyi ilmaan. Rakentaminen saattaa pienentää vastusta, jonka ilmaan siirtyvä radonkaasu kohtaa. Tähän suuntaan vaikuttavat tiiviin ja vähäaktiivisen pintamaan poisto ja maanalaisten tilojen rakentaminen. Lisäksi talon alla oleva maakerros läpäisee usein ilmaa paremmin kuin pintamaa, jota ovat tukkimassa sadevesi, jää ja routa.

Tärkeä radonin erittymistä lisäävä tekijä on talon sisään, varsinkin lattianrajaan, syntyvä pieni alipaine, joka imee ilmaa talon alta. Imua esiintyy aina käytettäessä ns. luonnollista eli painovoimaista ilmanvaihtoa joka on pientaloissa yleisin ilmanvaihtojärjestelmä. Poistoimurin käyttö lisää imua entisestään.

Maahuokosten ilman radonpitoisuus saattaa olla tuhatkertainen tavallisen huoneilman pitoisuuteen verrattuna. Ilmaa ei siten tarvitse tulla talon alta paljontaan, kun sen vaikutus jo näkyy sisäilman radonpitoisuudessa.

Jos talon alla oleva maa on tiivistä, huokosilmaa tulee kuitenkin suhteellisen ohuesta kerroksesta. Siinä ei synny sellaisia radonmääriä, jotka riittäisivät ylläpitämään suurta radonpitoisuutta sisätiloissa. Tilanne on toinen, jos talo sijaitsee kankaalla tai harjulla, joiden maa läpäisee ilmaa hyvin. Lähes kaikkialla Suomessa on havaittu, että harjuille rakennetuissa taloissa esiintyy poikkeuksellisen suuria radonpitoisuuksia.

VAIHTELUA SAMASSAKIN TALOSSA

Huoneilman radonpitoisuus on yleensä moninkertainen ulkoilmaan verrattuna. Syynä on luonnollisesti se, että ilmanvaihdosta

huolimatta kaasu sekoittuu sisällä paljon pienempään ilmamäärään kuin ulkona. Pitoisuuteen vaikuttaa olennaisesti ilmanvaihdon tehokkuus.

Useimmissa pientaloissa ilma vaihtuu eri huoneissa eri tavalla, ja lisäksi säät ja varsinkin vuodenaajat aiheuttavat ilmanvaihtoon omat vaihtelunsa. Niinpä jo yhdestäkin talosta on mitattavissa hyvin erilaisia radonpitoisuuksia. Yleensä näissä havaitaan jonkinlainen vuorokausirytmi.

Uudet Suomessa käytettävät ilmaisimet mittaavat 1-2 kuukauden pitoisuuskeskiarvoa. Tämäkään aika ei aina anna riittävää kokonaiskuvaa, koska joissakin taloissa radonpitoisuudet saattavat talvella olla yli kymmenen kertaa niin suuria kuin kesäkuukausina.

KUINKA ESTÄÄ?

Rakentamisessa ei useinkaan kiinnitetä huomiota korvausilman tuloon talon alta, vaan alapohjarakenteet valitaan lähinnä lämpötaloudellisten näkökohtien perusteella. Nykyisessä rakennuskannassamme on ilmeisesti paljon taloja, joihin radon pääsee helposti tunkeutumaan alapohjan läpi.

Maanvaraisalapohjien todennäköisimpiä vuotokohtia ovat putkia ja kaapeleita varten tehdyt aukot sekä rakenneosien väliset saumat. Yleisimmin vuotanees maanvaraislattian ja seinän raja. Näiden vuotokohtien yleisyyttä lienee lisännyt meikäläinen tapa valaa maanvaraislattia viimeiseksi, muun talon jo valmistuttua. Myös maanalaisten tilojen muuratut seinät saattavat vuotaa joko saumoista tai huokoisten elementtien läpi.

Vanhemmissa taloissa yleinen ryömintätilainen alapohja lienee aika edullinen, jos tilan tuuletus on hyvä. Ellei se ole, tähän pieneen tilaan kertyy koko talon alla olevasta maasta tai kalliosta erkaneva radonmäärä. Sieltä imuvaikutus vetää radonia huoneisiin, varsinkin jos välissä on kaasunmentäviä rakoja sisältävä puurakenteinen täytepohja (rossipohja).

Imu eliminoidaan tiivistämällä ja ilmanpainejärjestelyin. Tärkeintä on tiivistää raot, huokoisten rakenneosien tiivistäminen kalvoin tai pintakäsittelyin hyödyttää vasta tämän jälkeen.

Ilmanpainejärjestelyistä tehokkain ja halvin lienee alipaineen imeminen talon alla olevaan huokoiseen täyttemaahan tai ryömintätilaan. Talon imuvaikutuksen poistaa myös tasapainotettu ilmanvaihtojärjestelmä, jossa ilmaa puhalletaan sisään sama määrä kuin imetään ulos.

Uudisrakentamisessa on pyrittävä mahdollisimman tiiviiseen alapohjaan. Lisäksi on hyvä varautua siihen, että taloon voidaan tarvittaessa helposti asentaa imuvaikutusta eliminoiva laitteisto. Ryömintätalain perustus on tässä suhteessa käytännöllinen.

MIKÄ KANNATTAA?

Korjaus- ja varautumistoimet maksavat muutamasta sadasta muutamaan kymmeneentuhanteen markkaan. Tämä on suuruusluokkaa 1-10 % siitä mitä vastaavan säteilyannoksen eliminoimisesta maksetaan säteilyn keinotekoisien käytön yhteydessä. Asuntojen radonpitoisuuden pienentäminen on tehokkain tapa vähentää suomalaisten säteilyrasitusta.

Maissa, joissa asuntojen keskimääräinen radonpitoisuus on paljon pienempi kuin meillä, radonia tutkitaan monelta kannalta. Selvitettävät ongelmat ovat fysikaalisia, biologisia ja lääketieteellisiä.

Kiinnostava tutkimuskohde on radonin hajoamistuotteiden kiinnittyminen huoneilman hiukkasiin ja niiden takertuminen seiniin ja vaatteisiin sekä ihmisen hengitysteihin sähköisten ja muiden voimien vaikutuksesta. Tupakan ja radonin hajoamistuotteiden yhteisvaikutukset saattavat olla tärkeitä keuhkosyövän syntyprosessin ymmärtämiseksi. Vielä ei ole varmuutta siitä, mistä epiteelin solutyypistä radonin aiheuttama keuhkosyöpä alkaa. Näiden asioiden seuraaminen on paikallaan. Toisaalta Suomessa on hyvät mahdollisuudet tehdä havaintoja huoneilman radonin todellisista vaikutuksista - tai niiden puuttumisesta. Tästä syystä meidän tulisi ennen kaikkea kartoittaa vallitseva tilanne mahdollisimman tarkkaan ja samalla pyrkiä löytämään sopivimmat menetelmät asuntojen radonpitoisuuksien pienentämiseksi.

Toim. KSM

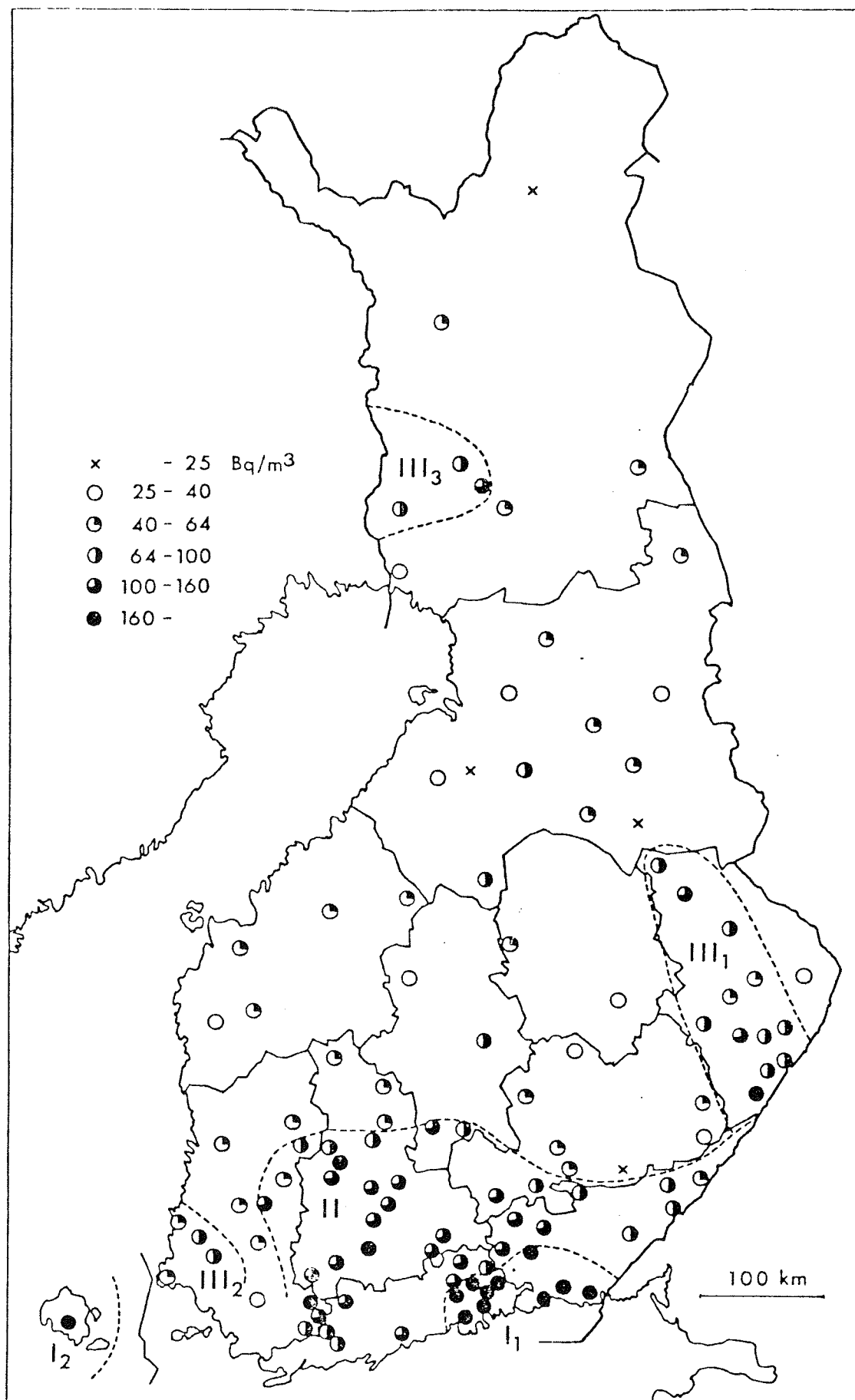
VIITTEET

Castrén, O., Winqvist, K., Mäkeläinen, I. ja Voutilainen, A.,
Huoneilman radonmittauksia Suomessa. Raportti STL-B-TUTO-27.
Säteilyturvallisuuslaitos, Helsinki 1983.

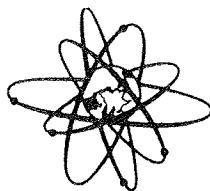
Clavensjö, B. ja Kumlin, H., Byggnadstekniska åtgärder vid ny- och
ombyggnad. Rapport R90: 1984. Byggeforskningsrådet. Stockholm 1984.

Radon-työryhmän mietintö. Lääkintöhallituksen työryhmien mietintöjä
nro 8, Helsinki 1982.

Mitä tehdä radonille. Olli Castrén. Tiede 2000 nro 3-4/1985



Kuva 1. Pientalojen huoneilman radonpitoisuuden paikkakuntakohtaiset mediaanit. Hahmoteltujen vyöhykkeiden rajat on esitetty katkoviivoilla.



for further information:

**NUCLEAR ENERGY
AGENCY (NEA)**

ORGANISATION FOR ECONOMIC
CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

NUCLEAR ELECTRICITY GENERATION IN OECD
GROWS BY FASTEST RATE SINCE 1977

Nuclear electricity production in the OECD countries grew at a rate of 18.7 per cent in 1984, the largest rate of increase since 1977, according to an annual survey just completed by the Nuclear Energy Agency (NEA).

Compiled from official submissions by OECD countries, which account for 80 per cent of the world's nuclear generating capacity, the survey "Summary of Nuclear Power and Fuel Cycle Data in OECD Member Countries 1985" constitutes a comprehensive record of developments and projections in nuclear electricity generation, installed capacities and associated fuel cycle services.

All 13 OECD countries with nuclear programmes, with the exception of the Netherlands, increased their nuclear electricity generation in 1984. Four countries reported a more than 30 per cent increase, including France, the Federal Republic of Germany, Spain and Sweden.

Electricity generation during the twelve month period rose by 4.7 per cent, from 5100 terawatt hours (TWh) to 5340 TWh. The share of total OECD electricity generation met by nuclear power increased from 16 per cent to 18 per cent and now exceeds the share met by oil.

Total installed nuclear capacity in the OECD area reached 182 gigawatts (GWe) at the end of 1984, an increase of 15 per cent. The number of operable nuclear power plants rose to 264, with 21 new reactors becoming operable in 1984. An additional 112 new reactors with a capacity of 116 GWe were under construction during this period and 27 reactors with 28 GWe were in the planning stage.

The survey shows that projections for installed nuclear capacity in the OECD area by 2000 are five per cent lower than last year, primarily because there are now fewer reactors in the planning stage.

Nuclear installed capacity, however, is expected to double by the year 2000 to 368 GWe.

Reporters may obtain copies of "Nuclear Power and Fuel Cycle Data in OECD Member Countries 1985" from the NEA Public Information Office.

News media contact:
Neile Miller, 524.96.67

Nuclear Power Situation in OECD countries at 31st December 1984

Country 国家	Nuclear Capacity (operable plants) (GWe)	Nuclear Electricity Generation (TWh)	Nuclear Share of Total Electricity Generated (%)
BELGIUM	3.5	26.4	50.8
CANADA	9.5	46.6	11.2
FINLAND	2.3	17.8	41.1
FRANCE	33.2	181.8	58.7
GERMANY F.R.	16.1	87.9	23.6
ITALY	1.3	6.6	3.8
JAPAN	21.8	129.8	22.3
NETHERLANDS	0.5	3.2	6.0
SPAIN	4.6	22.1	19.4
SWEDEN	7.3	48.6	40.5
SWITZERLAND	2.9	14.9	31.8
TURKEY	0	0	0
UNITED KINGDOM	6.5	47.3	18.6
UNITED STATES	71.1	325.2	13.5
OECD totals (rounded)	182	958	18

OECD Nuclear Power Projections for 2000

Country	Nuclear Capacity (operable plants) (GWe)	Nuclear Electricity Generation (TWh)	Nuclear Share of Total Electricity Generated (%)
BELGIUM	5.5	40.4	52.3
CANADA	15.8	107.0	17.1
FINLAND	3.3	21.0	32.8
FRANCE	77.0	392.0	78.4
GERMANY F.R.	24.3	154.2	34.7
ITALY	12.8	69.0	22.3
JAPAN	59.5	370.0	39.0
NETHERLANDS	2.5	14.3	23.4
SPAIN	10.4	59.6	31.3
SWEDEN	9.4	58.0	44.6
SWITZERLAND	3.9	26.0	41.3
TURKEY	2.8	16.8	9.5
UNITED KINGDOM	18.0	114.0	43.0
UNITED STATES	122.7	697.0	19.0
OECD totals	368	2139	26.5

Eero Patrakka

TVO:N POLTTOAINEEN KÄYTTÖKOKEMUKSET

Olkiluodon voimalaitosyksiköt TVO I ja TVO II ovat kesään 1985 mennessä toimineet yhteensä kymmenen käyttöjaksoa. TVO I:n kuudes jakso päättyy kesäkuussa, ja TVO II:lla on menossa neljännen jakson jälkeinen vuosihuoltoseisokki. Kuluneiden jaksojen aikana polttoaine on TVO I:llä saavuttanut suunnitellun poistopalaman ja saavuttaa sen TVO II:lla viidennen jakson aikana.

1 ERI POLTTOAINETYYPIT

Kummankin laitoksen alkulatausten ja ensimmäisten vaihtolatausten polttoainepiput ja polttoainekanavat valmistti laitostoimittaja Asea-Atom. Polttoainepiput olivat Asea-Atomin standardia 8x8-tyyppiä. Alkulatausten polttoainesauvoja ei paineistettu, mutta kaikkien vaihtolatausten polttoainesauvat on paineistettu 0,4 tai 0,65 MPa:iin. Polttoainesauvojen lineaari-kuormituksen maksimiarvo on 41,5 kW/m.

Asea-Atom on valmistanut lähes kaikki tähän mennessä TVO:lle toimitetut polttoainepiput. Ensimmäisen kerran TVO sai toisen polttoainetoimittajan valmistamia nippuja vuonna 1983, jolloin Kraftwerk Union toimitti 8x8-tyyppiä olevia koenippuja. Kuten taulukosta 1 nähdään, TVO:n hankintaperiaatteena on ollut tilata koenipputoimitus ennen uuteen polttoainetyyppiin siirtymistä. Tämän mukaisesti Kraftwerk Union toimitti 9x9-tyyppiä olevia koenippuja vuonna 1984, ja täydellinen vaihtolataus 9x9-nippuja saapui laitokselle tänä vuonna. Uusinta kehitystä edustaa Asea-Atomin SVEA-polttoaineen käyttöönotto TVO II:lla ensi kesästä alkaen.

Kaikki polttoainekanavat on toimittanut Asea-Atom. Kanavat olivat standardityyppiä vuoteen 1981 asti, jolloin saatiin ensimmäiset erikoislämpökäsitellyt kanavat. Kaikkien kanavien seinämäpaksuus on ollut 2,5 mm.

2 SAAVUTET PALAMAT

Polttoaineen poistopalaman suunnitteluarvoa on nostettu asteittain. Taulukosta 2 nähdään eri toimituserien keskimääräiset väkevöintiasteet. Ensimmäisten vaihtolatauserien suunnittelupalamana oli 27 MWd/kgU. Tämänhetkinen tavoitepalama (vuonna 1986 toimitettavalle polttoaineelle) on 32 MWd/kgU. Koska kummankin reaktorin tehotasoa nostettiin 8 %:lla vuonna 1984, polttoaineen keskimääräistä väkevöintiastetta on vas-

taavasti korotettu. Tämän seurauksena vuoden 1986 toimituserien keskimääräinen väkevöintiaste on 3,05 - 3,15 %.

Tällä hetkellä suurimman palaman saavuttaneen nipun palama on noin 37 MWd/kgU. Tämä nippu kuuluu Asea-Atomin ja ruotsalaisten voimayhtiöiden kanssa yhteistyössä läpivietävään jatkosäteilytysprojektiin. Tavoitteena on säteilyttää kaksi nippua palamaan 41 MWd/kgU kesään 1986 mennessä.

3

POLTTOAINENIPPUJEN KÄYTTÖKOKEMUKSET

3.1

Yleistä

Tämänhetkiset polttoainenippujen käyttökokemukset perustuvat pääasiassa Asea-Atomin 8x8-polttoaineeseen, kuten taulukosta 2 käy ilmi. Tähän mennessä saavutetut kokemukset ovat olleet tyydyttäviä. Toistaiseksi on vain yksi vuotava polttoainenippu havaittu TVO I:llä. Tämä tapahtui toisen jakson aikana keväällä 1981. TVO II:lla ei ole havaittu yhtään vuotavaa nippua. Kummallakin laitoksyksiköllä on esiintynyt eräitä käyttöön liittyviä ongelmia polttoainenippujen ja -kanavien ruuvikiinnityksissä. Nämä on kuitenkin pystytty ratkaisemaan vaihtamalla ruuvimateriaali toiseksi.

3.2

Nippujen ulkonäkö

TVO I:llä ja TVO II:lla on suoritettu nippujen visuaalisia tarkastuksia säännönmukaisesti sekä vuosihuoltojen että käyttöjaksojen aikana. Tarkastuksissa on kiinnitetty huomiota mm. nipun mekaanisen rakenteen eheyteen, sen eri komponenttien ulkonäköön ja pinnanlaatuun, sauvojen differentiaaliseen kasvuun, sauvojen taipumaan, välitukien sijaintiin, jousien ja ruuvien kiinnitykseen sekä mahdollisiin kulumisesta tai värähtelystä aiheutuneisiin vaurioihin.

Tarkastustulokset ovat olleet odotusten mukaisia kahta poikkeusta lukuunottamatta. Alkulatauksiin kuuluvien polttoainesauvojen pinnalla havaittiin odottomattoman paksuja korroosiotuotekerrostumia. Lisäksi polttoainesauvojen pituuskasvuerot ovat eräissä nipuissa olleet hieman odotettua suurempia. Kummassakin tapauksessa on tehty lisätarkastuksia, joitten perusteella on voitu päätellä, että nämä havainnot eivät edellytä jatkotoimenpiteitä.

3.3

Sauvojen pituuskasvu

Polttoainesauvojen pituutta on mitattu asettamalla mittanauha pitkin sauvaa ja lukemalla pituus periskoopin avulla. Havaitut sauvojen pitenemät ovat olleet tyypillisesti 0,15 - 0,30 % palaman arvoilla 17 - 31 MWd/kgU. Sauvojen pituus on kasvanut suunnilleen lineaarisesti palaman funktiona.

Polttoainenipun käytön kannalta tärkeä parametri on sauvojen pituuskasvuero. Yksittäisen polttoainesauvan pituus on poikennut saman nipun sauvojen keskimääräisestä pituudesta eri nipuissa enimmillään 1,5 - 4 mm.

3.4

Suojakuoren korroosio

Koska alkulatausnippujen sauvojen pinnalla havaittiin paksuja korroosiotuotekerrostumia, päätettiin suorittaa sauvojen oksidikerroksien paksuusmittauksia eripalamaisille sauvoille. Tähän mennessä TVO:ssa on kerätty huomattava määrä suojakuoren korroosiota koskevia tietoja, jotka osoittavat, että sauvojen suojakuoren korroosio on odotusten mukaista ja sallituissa rajoissa kummallakin laitossyksiköllä.

Standardisuojakuoriputkien oksidikerrokset ovat vaihdelleet laajalla alueella välillä 10 - 40 μm 1-3 jaksoa säteilytetyissä nipuissa. Oksidikerroksen paksuus on jossain määrin palamasta riippuvainen. Uusien, n.k. matalakorroosiosuojakuoriputkien oksidointinopeuden oletetaan olevan pienempi.

3.5

Korroosiotuotekerrostumat

Kummallakin laitossyksiköllä on suoritettu kattavia korroosiotuotekerrostuman (crudin) näytteenotto- ja analysointitutkimuksia. Tulosten perustella voidaan päätellä, että crudin määrä ja koostumus riippuu primääripiirin vesikemiasta, muttei polttoaineen palamasta. Suuria crud-määriä on mitattu vain TVO I:n ja TVO II:n alkulatausnipuista. Näiden nippujen crud-määrät ovat pysyneet vakaina ensimmäisen jakson jälkeä, ja vaihtolatausnipuista mitatut crud-määrät ovat olleet pienempiä. Tulokset selittyvät sillä, että kummankin laitossyksikön ensimmäiset käyttöjaksot sisälsivät useita kylmiä seisokkeja.

4

POLTTOAINEKANAVIEN KÄYTTÖKOKEMUKSET

4.1

Yleistä

Polttoainekanaavien käyttökokemukset perustuvat samoihin palamiin kuin taulukossa 2 esitetyt nippujen käyttökokemukset, koska nippuja on tähän asti säteilytetty alkuperäisissä kanavissa. Tulevaisuudessa tämä tilanne kuitenkin muuttuu, koska TVO:ssa on ryhdytty soveltamaan polttoainekanaavien uudelleenkäyttöohjelmaa. Alusta pitäen on ollut tarkoituksena käyttää mahdollisimman monia kanavia uudelleen. Tämä on ollut syynä seinämäpaksuuden 2,5 mm valintaan ja erikoislämpökäsittelyjen kanavien nopeaan käyttöönnottoon.

Kanavien uudelleenkäyttökriteerit on määritelty konservatiivisella tavalla. Kanavien dimensioitten osalta nämä kriteerit toteavat, että kaikki ne kanavat voidaan käyttää uudelleen, joiden dimensiot täyttävät alkuperäiset valmistustoleranssit lukuunottamatta säätösauvan puoleista taipumaa, joka voi olla 1 mm 0,75 mm:n asemesta.

Toistaiseksi ei ole määritelty tarkkoja uudellenkäyttökriteereitä oksidikerroksen paksuudelle, mutta lähtökohtana on ollut, että kaikki ne kanavat, joissa havaitaan oksidikerroksen irtoamista, poistetaan sydäimestä. Lähitulevaisuudessa on tarkoitus suorittaa kanavien oksidikerrosten paksuusmittauksia tarkkojen käyttökriteerien määrittelemiseksi.

4.2

Kanavien ulkonäkö

Kanavien visuaalisia tarkastuksia on suoritettu suunnilleen samassa laajuudessa kuin vastaavia nippujen tarkastuksia. Tarkastuksissa on kiinnitetty huomiota mm. kanavan mekaanisen rakenteen eheyteen, kotelon ja päätykappaleen ulkonäköön ja pinnanlaatuun, kanavan ja nipun differentiaaliseen kasvuun, ruuvien kiinnitykseen sekä kulmisesta, hankauksesta ja värähtelystä aiheutuneisiin jälkiin. Mitään huomautettavaa ei näissä tarkastuksissa ole löytynyt lukuunottamatta normaaleja käsittelystä sekä neutronidetektoreiden ja säätösauvojen vaikutuksesta syntyneitä jälkiä.

4.3

Kanavien dimensiomuutokset

Polttoainekanavien dimensiomuutokset mitataan käyttämällä kanavanmittauslaitetta. Tämän laitteen avulla voidaan määrittää kanavan kokonaismuodonmuutos, joka aiheutuu taipumasta, pullistumasta ja kiertymästä. Koska kanavien uudelleenkäyttökriteerit koskevat nimenomaan kanavan kokonaismuodonmuutosta verrattuna valmistustoleransseihin, tarkoituksenmukaista on verrata näitä kahta keskenään.

Lähes kaikille TVO I:n ja TVO II:n alkulatauskanaville on suoritettu dimensiomittaus. Yli 60 % näistä kanavista on täyttänyt alkuperäisten valmistustoleranssien mukaiset dimensiovaatimukset ja yli 80 % on täyttänyt uudelleenkäyttökriteerit. Mitatuista vaihtolatauskanavista uudelleenkäyttökriteerit on täyttänyt tähän mennessä 62 %.

Talvella 1984-85 suoritettiin dimensiomittauksia kanaville, joiden palama vaihteli välillä 15 - 30 MWd/kgU. Mitattu maksimitaipuma ei ole lisääntynyt palaman funktiona tällä palama-alueella. Tämä voidaan selittää sillä, että säteilytyksestä johtuva pituuskasvun kyllästyminen suuremmilla palamilla johtaa vastakkaisten seinämien differentiaalisen pituuskasvun hidastumiseen. Maksimipullistuma on lisääntynyt suunnilleen lineaarisesti palaman funktiona, kuten odotettua onkin. Pelkkä pullistuma ei kuitenkaan tule rajoittamaan kanavien uudelleenkäyttöä.

4.4 Kanavien korroosio

Mitatut kanavien oksidikerroksien paksuudet ovat vaihdelleet välillä 5 - 45 μm , ja ne ovat suunnilleen lineaarisesti säteilytysajasta riippuvia. Nämä arvot ovat tyypillisiä standardikanaville, joille ei ole suoritettu erikoislämpökäsittelyä. Havaitun korroosiokäyttäytymisen ei arvioida rajoittavan alkulatauskanavien uudelleenkäyttöä, varsinkin kun otetaan huomioon, että paksuin oksidikerros esiintyy rajoitetulla alueella kanavan alapäässä. Useimmat vaihtolatauskanavat ovat erikoislämpökäsiteltyjä, ja niiden odotetaan olevan paljon vähemmän herkkiä oksidoitumiselle.

5 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

TVO I:llä ja TVO II:lla tähän mennessä havaitut polttoaineen käyttökokemukset ovat olleet tyydyttäviä. Kevääseen 1985 mennessä on yksi vuotava nippu havaittu TVO I:llä eikä yhtään TVO II:lla. Havaitut käyttöongelmat ovat johtuneet nippujen ja kanavien ruuvi-kiinnityksistä. Kokemukset osoittavat, että tyydyttävät polttoaineen käyttökokemukset voidaan saavuttaa, kun noudatetaan tiukkoja käyttörajoituksia ja valvotaan tarkasti polttoaineen suunnittelua ja valmistusta.

Pyrkimys pienempiin polttoainekustannuksiin ja suurempaan käytön joustavuuteen johtaa suunnittelumuutosten ja uusien polttoainetyyppien käyttöönottoon. Tämä on vaiheittainen prosessi, johon kuuluvat huolelliset soveltuvuustutkimukset ja koenippujen lataaminen reaktoriin. TVO:ssa tähän mennessä tehdyt päätökset merkitsevät sekä 9x9- että SVEA-nippujen käyttöönottoa. Uudetkan polttoaineen suunnitteluparannukset eivät ole poisluettuja, jos tarpeelliset ehdot voidaan täyttää.

TAULUKKO 1. TVO:N HANKKIMAT POLTTOAINETYYPIT

TOIMITTAJA	TYYPPI	ENSIMMÄINEN TOIMITUS	
		Vuosi	Laaajuus
<u>Polttoaineniput</u>			
AA	8x8, standardi-suojakuori	TVO I : 1978 TVO II : 1979	Alkulataukset + seuraavat vaihtolataukset
AA	8x8, matalakorroosio-suojakuori	TVO I : 1983 TVO II : 1982	Vaihtolataus - " -
KWU	8x8	TVO I : 1983	Koeniput
KWU	9x9-1	TVO I : 1984 TVO I : 1985	Koeniput Vaihtolataus
AA	SVEA	TVO II : 1985	Koeniput
<u>Polttoainekanavat</u>			
AA	Standardi	TVO I : 1978 TVO II : 1979	Alkulataukset + seuraavat vaihtolataukset
AA	Erikoislämpökäsitelty	TVO I : 1983 TVO II : 1981	Vaihtolataus - " -

TAULUKKO 2. TVO:N POLTTOAINEEN SAAVUTTAMAT PALAMAT (1.9.1984)

ERÄ	TOIMITUS- VUOSI	VÄKEVÖINTI- ASTE (%)	NIPPUJEN LUKUMÄÄRÄ	NIPUN MAKSIMI- PALAMA (MWA/kgU)
<u>TVO I</u>				
alkulat.	1978	1,94	42	24
vl-erä 1	1979	2,75	8	31
vl-erä 2	1980	2,75	44	
vl-erä 3	1981	2,81	156	28
vl-erä 4	1982	2,90	100	11
vl-erä 5	1983	2,90	100	11
KWU 8x8 koe	1983	2,82	8	10
vl-erä 6	1984	2,95	34	1
KWU 9x9 koe	1984	3,00	8	1
<u>TVO II</u>				
alkulat.	1979	1,94	114	22
vl-erä 1	1981	2,81	140	20
lisäerä	1982	2,81	70	20
vl-erä 2	1982	2,90	70	10
vl-erä 3	1983	2,90	54	2
vl-erä 4	1984	2,95	52	2

VOIMALAITOSJÄTTEIDEN LOPPUSIJOITUKSEN SUUNNITTELU JATKUU

IVO ja TVO julkaisivat vuonna 1982 laitospaikkakohtaiset sijoituspaikkaraportit, joissa selvitettiin sekä Loviisan että Olkiluodon kalliooperän soveltuvuus matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitukseen. Sijoituspaikkaraportteja käsiteltiin vuoden 1983 aikana osana laitousyksiköiden käyttöluvahakemuksiin liittyvää aineistoa. Saaduissa lausunnoissa pidettiin voimalaitosjätteiden loppusijoitusta voimalaitosalueen kalliooperään rakennettaviin tiloihin yleisesti ottaen hyväksyttävänä ratkaisuna. Voimalaitospaikoilla tehdyt kalliotutkimukset arvioitiin kuitenkin riittämättömiksi ja eräiden loppusijoitus-tilan teknisten ratkaisujen osalta katsottiin tarvittavan lisäselvityksiä.

Toukokuun alkupuolella järjesti Voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta (YJT) voimalaitosjätteiden loppusijoituksen suunnittelun nykytilanteesta tiedotustilaisuuden. Tilaisuuden painopiste oli vuoden 1982 jälkeen tehdyn jatkosuunnittelun ja lisätutkimusten esittelyssä. Tilaisuuteen osallistui noin 70 henkilöä voimayhtiöistä, tutkimuslaitoksista, yliopistoista ja korkeakouluista sekä valtionhallinnon piiristä.

Avauspuheenvuorossaan johtaja Anders Palmgren IVOsta korosti ydinjätehuoltoon liittyvän tiedotustoiminnan merkitystä ja esitti vetoituksen, että kaikkien alalla työskentelevien tulisi pitää yhteisenä tavoitteena yleistä tiedon tason lisäämistä suuren yleisön keskuudessa.

Heikki Raumolin (TVO) esitti voimalaitosjätteiden loppusijoitukseen liittyvän tutkimustoiminnan osuutta YJT:n tutkimusohjelmissa vuosina 1979-1985, käyttöluo-
pahtojen velvoitteita voimalaitosjätteiden huollon osalta sekä TVO:n voimalaitosjätehuollon tilannetta.

Valtioneuvosto teki marraskuussa 1983 ydinjätehuollon tutkimus-, selvitys- ja suunnittelutyön tavoitteita koskevan periaatepäätöksen, jossa on määritelty myös voimalaitosjätteidensä loppusijoituksen aikataulutavoitteet. Samat tavoitteet on kirjattu myös voimalaitosyksiköiden käyttöluoapahtoihin. Niiden mukaan loppusijoituksen suunnittelua on jatkettava tehdyn työn pohjalta niin, että loppusijoitustilojen rakentamiseen tarvittavat suunnitelmat ja turvallisuusarviot ovat valmiina vuoden 1986 loppuun mennessä. Tarvittaessa loppusijoitustilat on voitava ottaa käyttöön vuoden 1992 loppuun mennessä.

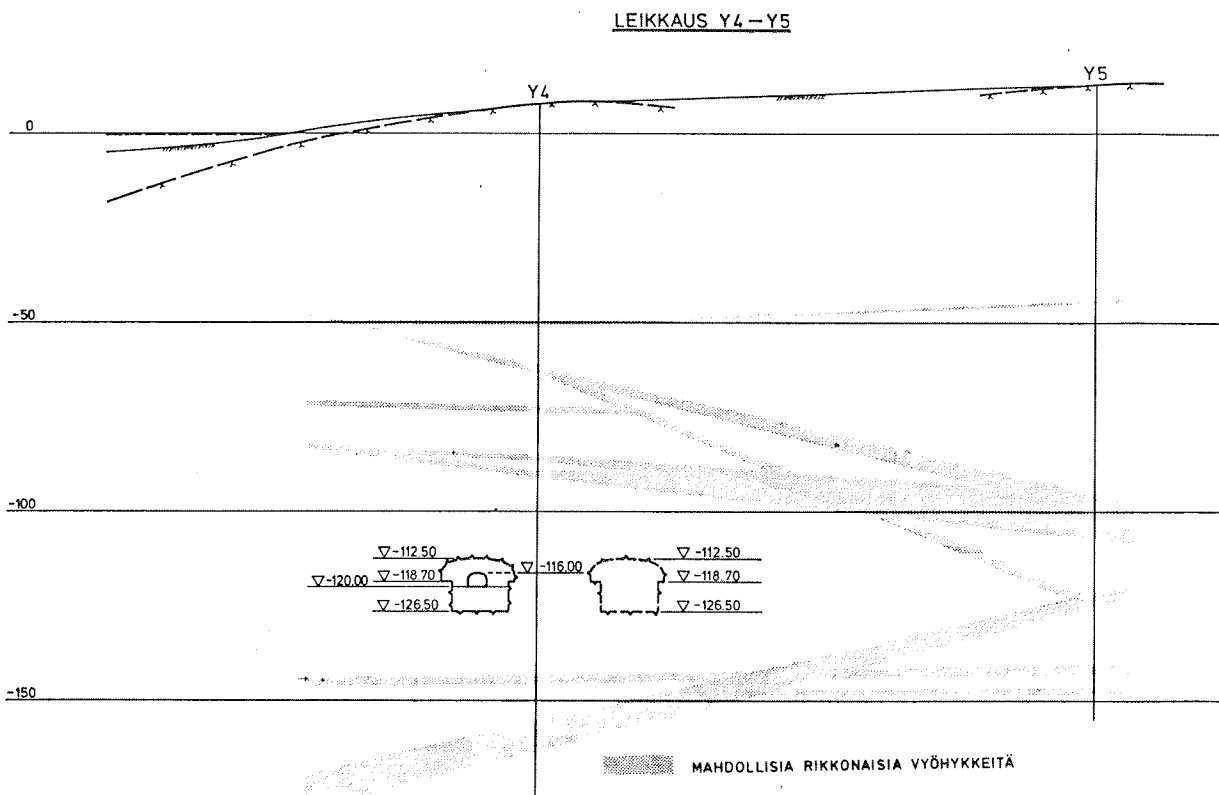
Olkiluodossa nestemäiset jätteet kiinteytetään bitumoimalla. Toukokuun alkuun mennessä bitumoitua jätettä oli kertynyt noin 2200 tynnyriä (à 200 l). Vuosittain kertyy noin 400 tynnyriä lisää. Matala-aktiivista huoltojätettä oli samana aikana varastoituna runsas 1800 tynnyriä; vuosittain tulee 400-500 tynnyriä lisää.

Olkiluodon voimalaitokselle on rakenteilla käytetyn polttoaineen välivarasto (KPA-VARASTO). Nykyisten suunnitelmien mukaan sen toiminta tulee jatkamaan voimalaitosyksiköiden käytön päättymisen jälkeen aina 2050-luvulle saakka. KPA-VARASTON allasveden puhdistusjärjestelmästä tulee samantyyppistä jätettä kuin voimalaitokselta. Olkiluodon voimalaitosjätteidensä loppusijoitustila onkin alustavasti suunniteltu pitää avoinna 2040-luvulle asti, jolloin sitä laajennetaan laitosyksiköiden ja KPA-VARASTON purkujätteidensä loppusijoitusta varten.

Heikki Niininen (IVO) esitti Loviisan voimalaitosjätehuollon reunaehdoja. Loppusijoituksen toteutuksen kannalta keskeistä on, että jätteidensä varastotilaa on voimalaitoksella vielä runsaasti jäljellä. Prosessijätteet varastoidaan nestemäisinä suuressa säiliövarastossa. Nykyisillä järjestelyillä hartsien varastokapasiteetista on käytetty vain noin 5 % ja haihdutusjätteidensä varastokapasiteetista noin 40 %. Betonointiin perustuva kiinteytyslaitos on suunniteltu valmiiksi ja luvitettu, mutta sen rakentamiseen ei nähdä toistaiseksi tarvetta.

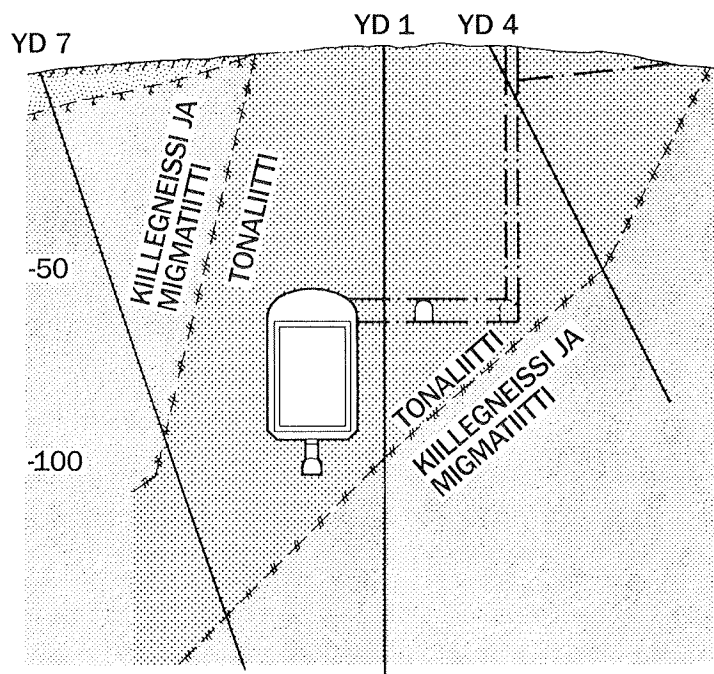
Nykyisten laitospöyksiköiden toiminnan arvioidaan päättyvän 2010-luvulla ja loppusijoitustila voidaan sulkea vuonna 2017, kun laitospöyksiköiltä tuleva purkujätekin on loppusijoitettu.

Pekka Anttila (IVO) esitti yhteenvedon Hästholmenin kallioperätutkimusten tuloksista. Keskeisimpiä tutkimuksia vuosien 1983 ja 1984 aikana ovat olleet reikäseismiset tutkimukset, pohjaveden pietsometrinen paineen mittaus ja merkkiainekokeet. Tutkimusten avulla on selvitetty kallioperän rakennetta ja tutkimusreikien välisiä hydraulisia yhteyksiä. Tutkimustulosten perusteella on laadittu kallioperän rakennemalli (kuva 1). Sen mukaan kallioperää lävistää kaksi päärikkonaisuusvyöhykettä, jotka rajaavat vertikaalisuunnassa loppusijoitustilan rakentamiseen sopivan kalliolohkon.



Kuva 1. Hästholmenin kalliomalli

Timo Äikäs (Saanio & Laine Oy) esitti yhteenvedon Olkiluodon kallioperätutkimusten tuloksista. Vuosien 1983–84 aikana on Olkiluodossa tehty pohjaveden painemittauksia, merkkiaine-kokeita ja reikäseismisiä tutkimuksia. Tutkimusten avulla on selvitetty Olkiluodon kivilajirajoja sekä pohjaveden muodostumista ja virtaamista kallioperässä. Tutkimustulokset ovat vahvistaneet käsitystä, jonka mukaan Olkiluodon Ulkopään niemen keskiosassa kulkee itä-länsisuuntainen kiinteän tonaliittikal-lion vyöhyke, jota reunustaa molemmin puolin rikkonaisempi kiillegneissi (kuva 2). Kivilajien keskimääräisessä vedenjoh-tavuudessa ei ole oleellista eroa.



Kuva 2. Olkiluodon kallioperän kivilajit

Tehdyissä hydraulisisissa tutkimuksissa on todettu, että tona-liittimassiivin sisällä on joidenkin tutkimusreikien välillä hydraulisia yhteyksiä. Hydrauliset yhteydet näyttävät liitty-vän tonaliittia leikkaaviin pegmatiittijuoniin. Kivilajien välillä ei sen sijaan näytä olevan selviä hydraulisia yhteyksiä.

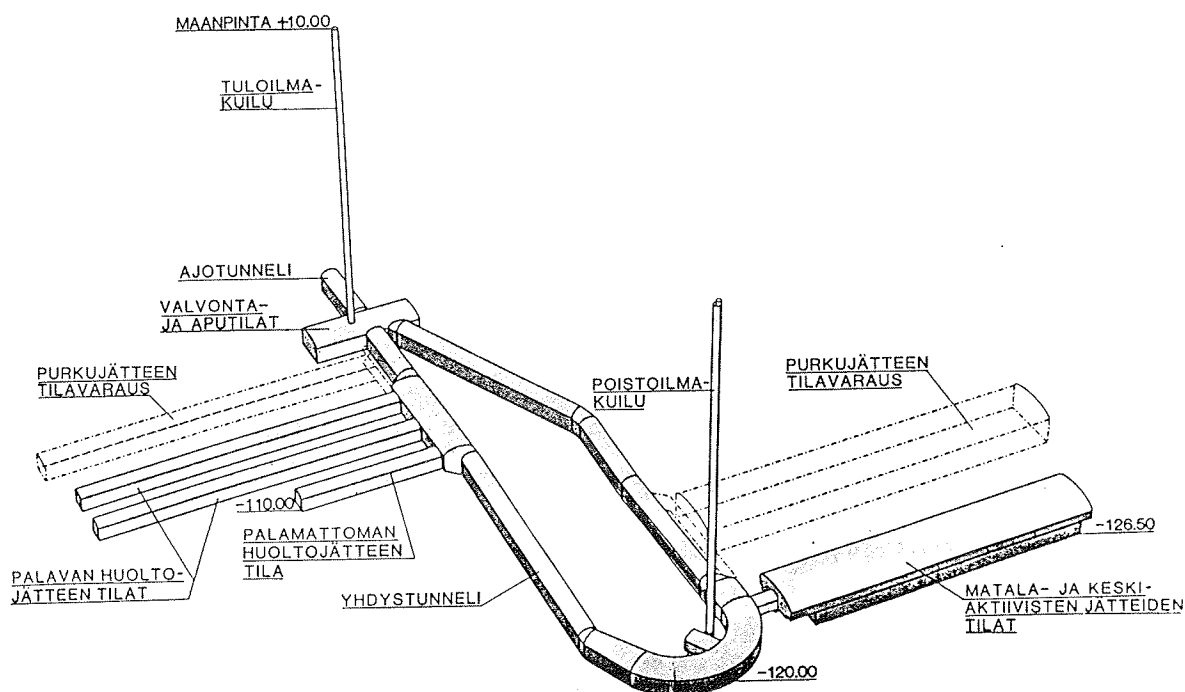
Tehtyjen meteorologisten ja hydraulisten tutkimusten avulla on arvioitu, että Olkiluodon kalliopaljastuma-alueella sadannasta imeytyy pohjavedeksi 1-4 %. Kallioperään rakennettavan loppusijoitustilan läpi on arvioitu virtaavan korkeintaan 13 m vettä vuodessa.

Esko Tusa (IVO) esitti Loviisan loppusijoitustilan suunnittelun tilannetta. Voimalaitosyksiköiden käyttöluoaehtojen mukaisesti suunnittelutyön tavoitteena on rakentamiseen tarvittavien suunnitelmien ja turvallisuusarvioiden laatiminen vuoden 1986 loppuun mennessä. Jos rakennustyöt voidaan aloittaa vuoden 1988 alkupuolella, voidaan tilat ottaa käyttöön vuoden 1992 loppuun mennessä.

Sijoitustilan keskeiset suunnitteluperusteet ovat

- tilaan on voitava sijoittaa kaikki Lo1:n ja Lo2:n käytöstä ja käytöstäpoistosta syntyvä matala- ja keskiaktiivinen jäte
- loppusijoitustila on voitava rakentaa vaiheittain ja sitä on voitava tarvittaessa laajentaa mitoituspereustetta suuremmalle jätemäärälle
- loppusijoitus on peruuttamaton toimenpide, ts. jäte-tilaan viedyn pakkauksen poistamiseen ei varauduta
- loppusijoituksesta saa aiheutua kriittiseen ryhmään kuuluvalle henkilölle korkeintaan 0,1 mSv:n suuruinen vuotuinen säteilyannos
- loppusijoituksen turvallisuus ei edellytä valvonta-toimenpiteitä tilojen sulkemisen jälkeen.

Loviisaan suunnitellun loppusijoitustilan rakenne on esitetty kuvassa 3. Eri tyyppisille jätteilte tarkoitettut tilat sijaitsevat syvyytstasolla -110... -126. Jätteidien kuljetus tiloihin tapahtuu 1000 m:n pituista ajotunnelia pitkin.

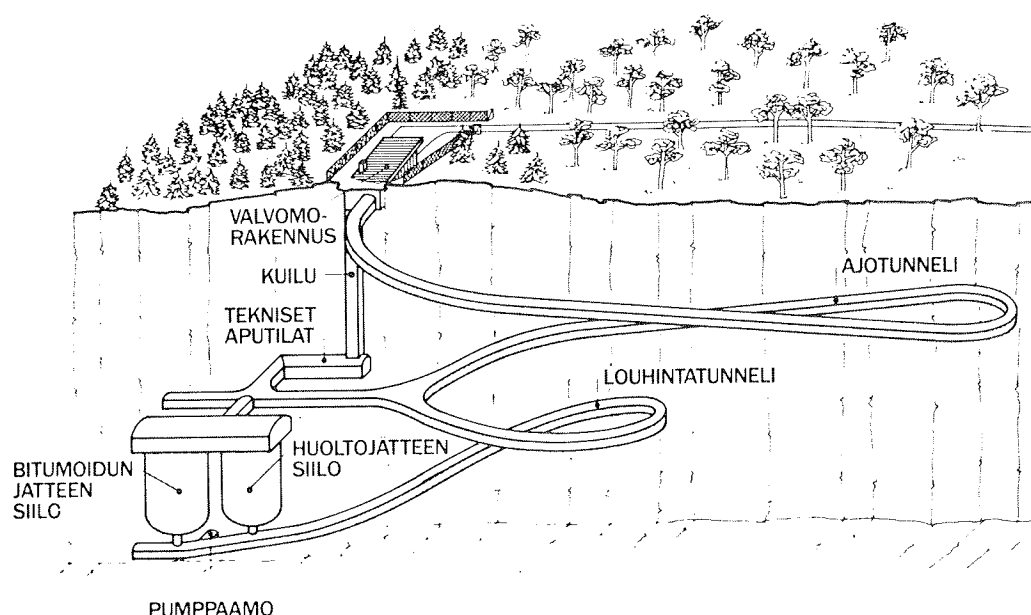


Kuva 3. Loviisaan suunniteltu voimalaitosjätteiden loppusijoitustila

Tilojen sulkemisvaiheessa kiinteytetyjen jätteiden väliin jäänyt tyhjä tila täytetään esimerkiksi rakentamisessa syntyvästä louheesta valmistetulla murskeella. Maan pinnalta loppusijoitustilaan johtavat kuilut ja ajotunneli suljetaan useista kohdin betonitulpilla. Ajotunnelin yläpää suljetaan louheella ja betonitulpalla myöhemmin tapahtuvan tahattoman tiloihin tunkeutumisen estämiseksi.

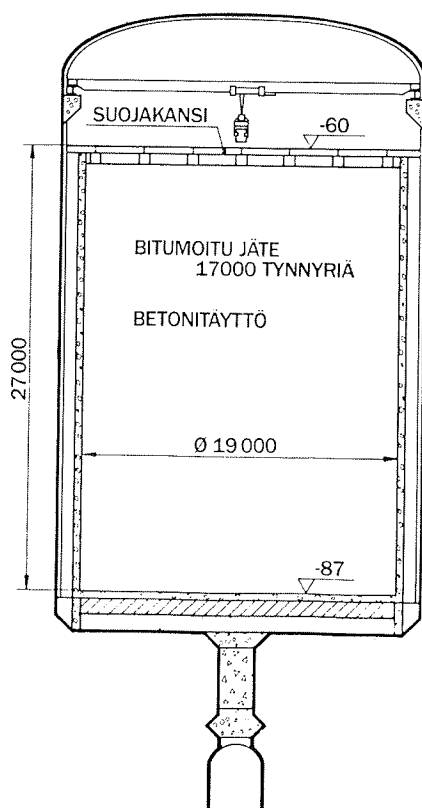
Hannu Härkönen (TVO) esitti Olkiluotoon suunnitellun loppusijoitustilan keskeiset periaatteet. Tilan suunnitteluperusteet ovat pitkälle yhtenäiset Loviisan loppusijoitustilan suunnitteluperusteiden kanssa. Lisävaatimuksia suunnittelulle asettavat tilojen pitkä käyttöaika (n. 60 vuotta) sekä bitumoidun jätteen mahdollinen paisuminen ja kaasunkehitys loppusijoitustilassa.

Olkiluodon loppusijoitustilan periaate on esitetty kuvassa 4. Jätepakkaukset on suunniteltu loppusijoittaa kahteen tasolle -100...-60 rakennettavaan kalliosiiloon. Toinen siiloista on tarkoitettu bitumoidulle jätteelle ja toinen matala-aktiiviselle huoltojätteelle.



Kuva 4. Olkiluotoon suunniteltu voimalaitosjätteiden loppusijoitustila

Kuvassa 5 on esitetty bitumoidun jätteen siilon poikkileikkaus. Kalliosiiloon on rakennettu teräsbetonisiilo, jonka seinämänpaksuus on vähintään 50 cm. Bitumitynnyrit suljetaan kerroksittain teräsbetonisiiloon ja valetaan betoniin. Siilon seinä estää pohjaveden virtauksen jätepakkausten ympärillä, joten ainoa radionuklidien kulkeutumismekanismi on hidas diffuusio tilan rakenteiden läpi.



Kuva 5. Bitumoidun jätteen siilo

Bitumoidun jätteen paisumisen mahdollisten haittavaikutusten poistamiseksi kunkin jätetyynyrin yhteyteen on järjestettävä riittävästi paisumistilaa. Tutkimusten mukaan bitumoidun jätteen maksimaalinen tilavuudenkasvu vedessä on noin 30 %. Paisumistila voidaan aikaansaada esimerkiksi vähentämällä tynnyriin valettavan jätteen määrää sen verran, että jäte mahtuu paisumaan tynnyrissä aiheuttamatta rasitusta tynnyriä ympäröiviin rakenteisiin.

Käynnissä olevat lisäselvitykset liittyvät lähinnä täytebetonin kaasunläpäisevyyteen. Tehdyt tutkimukset osoittavat, että loppusijoitustilan olosuhteissa betonista saadaan helposti aikaan niin tiivis täyteaine, että jätetuotteissa mahdollisesti syntyvät kaasut eivät pääse poistumaan loppusijoitustilasta. Jos selvitykset osoittavat, ettei betonin kaasunläpäisevyyden riittävästä voida varmistua, on täytebetonin käytöstä

luovuttava. Vaihtoehtoina tutkitaan bitumitynnyreiden pakkaamista betoniarkkuihin tai siilon jakamista väliseinien avulla pieniksi lokeroiksi. Kumpikin vaihtoehto tekee mahdolliseksi jätetynnyreiden järjestelmällisen pinoamisen tilaan sekä paisumisen ja kaasunkehityksen huomioon ottamisen niin, ettei pääasiallisena vapautumisesteenä olevan betoniseinän toiminta missään vaiheessa heikkene.

Loppusijoitustilan sulkeminen käyttövaiheen jälkeen toteutetaan samoja periaatteita noudattaen kuin Loviisan loppusijoitustilan sulkeminen.

Esko Ruokola (STUK) esitti säteilyturvakeskuksen ydinjätehuoltoon liittyviä tehtäviä, loppusijoituksen säteilyturvallisuustavoitteita sekä muutamia havainnollistavia esimerkkejä loppusijoituksen turvallisuudesta.

Voimalaitosjätteiden loppusijoituksen osalta on voimalaitosyksiköiden käyttöluopien ehdoissa todettu mm., että loppusijoitustilat voidaan rakentaa laitosalueelle kallioperäsijoituksena edellyttäen, että STUK toteaa sijoituspaikan ominaisuuksien ja teknisten esteiden toimintakyvyn täyttävän niille asetettavat vaatimukset. Voimayhtiöiden esittämien loppusijoitussuunnitelmien tarkastaminen on näin määrätty STUK:n tehtäväksi.

Voimalaitosjätteiden loppusijoituksen säteilyturvallisuustavoitteiden osalta on kansainvälisissä järjestöissä ja useissa yksittäisissä maissa esitetty noudatettavaksi seuraavia periaatteita:

- loppusijoituksen säteilyturvallisuuden mittana käytetään säteilyannosta tai -riskiä
- hyväksyttävyyden kannalta ratkaisevaa on yksilön säteilyaltistus

- säteilyturvallisuus osoitetaan ennustemalleja käyttävien turvallisuusanalyysien avulla.

Eri maissa esitetyt yksilön annosrajat vaihtelevat välillä 0,1 - 0,3 mSv/a. Suomessa on toistaiseksi lähdetty siitä, että luvanhakija voi valita ratkaisut, joilla loppusijoituksen säteilyturvallisuustavoitteet saavutetaan. Vasta loppusijoituksen periaateratkaisujen vakiinnuttua voi teknisluontoisten turvallisuusvaatimusten määrittäminen olla aiheellista.

Seppo Vuori (VTT) esitti loppusijoituksen turvallisuusanalyysien suorituksen periaatteita ja eri vaiheisiin tarvittavia malleja sekä tuloksia tuoreimmista voimalaitosjätteiden loppusijoitusta koskevista turvallisuusanalyyseista.

Turvallisuusanalyysien suorituksessa on keskeistä, että analyysit viedään loppuun saakka käyttäen mahdollisimman realistisia malleja ja parametrisarvoja. Näin menetellen saadaan herkkyystarkastelujen avulla selville tärkeimmät loppusijoituksen kokonaisturvallisuuteen vaikuttavat tekijät. Käytännössä parametrit joudutaan usein valitsemaan konservatiivisuusperiaatetta noudattaen. Se merkitsee, että analyysien lopputuloksena saatavat säteilyannokset ovat suurella varmuudella suurempia kuin todellisuudessa aiheutuvat annokset.

Esimerkkinä uusimmista turvallisuusanalyyseista Vuori esitti Olkiluodon loppusijoitustilojen suunnitteluvaiheessa tehtyjä eri täyteainevaihtoehtojen vertailuanalyyseja. Tulokset osoittavat, että säteilyaltistus mereen kulkeutuneista radionuklideista alittaa kaikissa laskentatapauksissa selvästi asetetut säteilyannosrajat.

Tilaisuuden lopussa käydyssä keskustelussa käsiteltiin loppusijoituksen säteilyturvallisuustavoitteisiin liittyviä kysymyksiä. Erityisesti keskusteltiin siitä, missä määrin loppu-

sijoituksen riskirajojen määrittämisessä tulisi ottaa huomioon muiden samalle paikalle mahdollisesti rakennettavien ydinlaitosten vaikutus ja siitä, tulisiko loppusijoitustilan teknisille vapautumisesteille asettaa joitain eristysvaatimuksia lyhyellä aikavälillä. Lopuksi esitettiin voimayhtiöiden edustajien taholta toivomus saada kommentteja esitettyihin suunnitelmiin ja suunnitteluperusteisiin mahdollisten täsmennysten tai parannusten tekemiseksi.

Kalevi Mäkelä
Imatran Voima Oy

VVER-440 soveltuvuusselvityksen kohteena

Taustaa

IVO on jo pitkään muiden voimalaitostyyppien rinnalla selvittellyt myös ydinvoimalaitosten soveltuvuutta Suomeen. Tähän asti yksityiskohtaisten soveltuvuusselvitysten kohteena ovat olleet suuret 1000 MW-luokan laitokset. Samanaikaisesti Loviisa-tyyppisen VVER-440-laitoksen kehittämismahdollisuuksia on tutkittu perusselvitysten omaisesti, ja on luonnollista, että näiden perusselvitysten annettua positiivisia tuloksia yhtiössä on päätetty suorittaa tarkempi soveltuvuusselvitys.

IVO ja AEE (V/O Atomenergoexport) allekirjoittivat tämän vuoden tammikuussa sopimuksen, jonka mukaisesti sopimusosapuolet yhteistyössä tutkivat modernisoidun VVER-440 laitoksen soveltuvuutta Suomen seuraavaksi perusvoimalaitokseksi.

Modernisoidun VVER-440 laitoksen konsepti

Soveltuvuusselvityksen kohteena olevan VVER-440 laitoksen konsepti eroaa käynnissä olevista Loviisan laitoksista erityisesti yleislay-outin, mutta jossain määrin myös prosessiensa osalta.

Laitoksen yleislay-out on tiiviimpi, kaikki rakennustilavuudet on optimoitu ottamalla huomioon mahdollisimman lyhyen rakentamisajan edellyttämä joustava rakennettavuus, käytön selväpiirteisyys ja laitoksen prosessijärjestelmien sijoittaminen siten, että tärkeät yhteydet järjestelmien välillä tulevat mahdollisimman lyhyiksi.

Reaktorirakennus on varustettu kaksinkertaisella suojakuorella, joista sisempi on valmistettu esijännitetystä betonista ja mitoitettu kestäämään kaikissa mahdollisissa käyttö- tai häiriötilanteissa suojakuoren sisälle kehittyvä paine. Ulompi suojakuori on betonia ja se on mitoitettu kestäämään ulkopuolelta odotettavissa olevat vaikutukset.

Suojarakennuksen sisällä olevat reaktori ja sen jäähdytysjärjestelmä on rakennettu samoista komponenteista, kuin Loviisan käyville laitoksillakin. Reaktorin materiaaleissa on huomioitu viimeaikainen tekninen kehitys ja niinpä uuden reaktorin materiaalit sisältävätkin vielä vähemmän haitallisia epäpuhtauksia, kuin käyvien laitosten reaktorimateriaalit. Reaktorin jäähdytyspiirin suunnittelussa on erityistä huomiota kiinnitetty haitallisten putkimutkien vähentämiseen. Lisäksi kaikkien päälaitteiden rakenteeseen on tehty joitakin parannuksia, joiden hyödyllisyys on tullut esiin Loviisan käyttökokemusten myötä.

Reaktorin hätäjähdytysjärjestelmät, joissa on noudatettu selkeää kolminkertaista varmennusperiaatetta, sijaitsevat omassa rakennuksessaan reaktorirakennuksen välittömässä läheisyydessä. Vastakkaisella puolella reaktorirakennusta myös aivan sen vieressä on rakennus, johon sijoitetaan m.m. höyrystimien varoventtiilit, hätäsyöttövesijärjestelmä ja jälkilämmön poistojärjestelmä. Myös näissä järjestelmissä on säilytetty selkeä kolminkertainen varmistusperiaate.

Turbiinirakennuksessa on ainoastaan yksi n.500 MW-tehoinen turbiini, jonka matalapainepesät ovat identtiset Loviisan käyvien laitosten vastaavien osien kanssa. Korkeapainepesä on muunnettu olemassaolevan 500 MW turbiinin korkeapainepesästä. Generaattori on standardi vety/vesijähdytteinen 500 MW generaattori.

Valvomon suunnittelussa on huomioitu selkeät yhteydet laitoksen järjestelmiin sekä turvajärjestelmissä noudatettu kolminkertainen varmennusperiaate.

Laitoksen muihin rakennuksiin, kuten dieselrakennukseen, apurakennukseen, polttoainerakennukseen, korjaamorakennuksiin y.m. sijoitetut prosessit eivät rakenteeltaan poikkea oleellisesti Loviisan käyvien laitosten vastaavista prosesseista, mutta niiden sijoittelussa, kuten myös rakennusten keskinäisessä sijoittelussa on noudatettu alussa mainittua optimointia, mikä johtaa investointikustannusten minimointiin.



YDINKÄYTTÖINEN JÄÄNMURTAJA - SUOMALAISEN LAIVANRAKENNUSTEOLLISUUDEN VAATIVIN KOHDE

Kimmo Juurmaa
projektipäällikkö
Oy Wärtsilä Ab Helsingin telakka

Marraskuun 12. päivänä 1984 allekirjoitti Oy Wärtsilä Ab erään suomalaisen laivanrakennuksen merkittävimmistä sopimuksista. Sopimuksen mukaan Wärtsilä sitoutuu toimittamaan neuvostoliittolaiselle V/O Sudoimportille kaksi ydinkäyttöistä jäänmurtajaa, jotka ovat teholtaan 52 000 hv. Sopimuksen tekee ainutlaatuiseksi se, että kyseiset alukset ovat ensimmäiset ydinkäyttöiset jäänmurtajat, jotka tullaan rakentamaan Neuvostoliiton ulkopuolella. Ydinkäyttöisiä kauppa-aluksia ei ylipäättänsäkään ole rakennettu länsimaissa kuin kolme, ja nekin ovat olleet joko taloudellisesti (Otto Hahn ja Savannah) tai teknisesti (Mutsu) epäonnistuneita. Ainoa alue, missä ydinkäyttö laivoissa on osoittautunut kannattavaksi, on arktiset meret ja ainoa maa, jolla toistaiseksi on kokemusta ydinkäytöstä näillä alueilla, on Neuvostoliitto.

Arktisten alueiden hyödyntäminen on Neuvostoliitossa ollut pitkäjänteisen teknisen ja taloudellisen kehittämisen kohteena. Ongelman muodostavat kuljetukset. Merikuljetuksetkaan, vaikka ne sinänsä ovatkin periaatteeltaan yksinkertainen ratkaisu, eivät käytännössä ole ongelmattomia. Pystyäkseen liikkumaan jäissä, joiden paksuus on 1,5-2,5 metriä, alukset tarvitsevat huomattavan suuren konetehon. Suuri konetehto vaatii puolestaan paljon energiaa. Toisaalta etäisyydet ovat pitkiä ja alusten etenemisnopeudet suuresta konetehosta huolimatta alhaisia. Konventionaalisia energianlähteitä käyttäen joudutaan teknisesti kömpelöihin ratkaisuihin joko ylisuurten, mukanakuljetettavien polttoainevarastojen tai kalliiden kiinteästi rakennettujen polttoainehuoltojärjestelmien muodossa. Ydinkäyttö, jossa pienellä polttoainemäärällä voidaan taata suuri energian tuotto, tarjoaa näin ollen lähes ideaalisen ratkaisun ongelmaan.

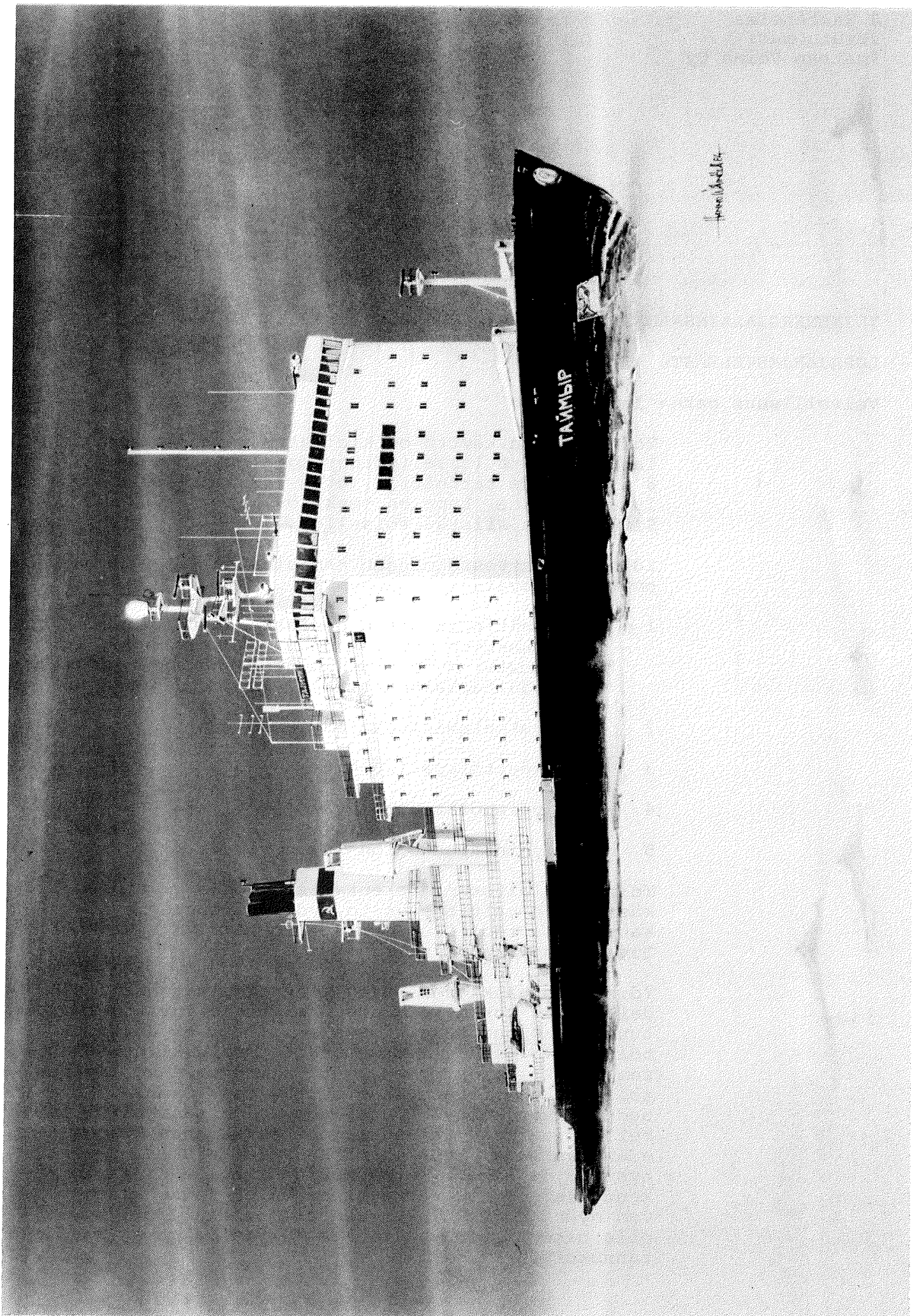
Neuvostoliitossa ydinkäyttöinen koneisto toteutettiin ensimmäisen kerran vuonna 1959 atomijäänmurtaaja Leninissä. Tämän noin 124 metriä pitkän aluksen pääenergiälähteen muodostivat kolme painevesityyppistä reaktoria, jotka antoivat alukselle 44 000 hv:n konetehon. Alus on edelleen käytössä, joskin sen koneisto on myöhemmin modernisoitu.

Nykyaikaisen ydinkäyttöisen jäänmurtaajan perusmallina voidaan pitää jäänmurtaaja Leonid Brezhneviä (ent. Arktika). Tämä noin 136 metriä pitkä 75 000 hv:n jäänmurtaaja otettiin käyttöön vuonna 1975. Vieraillessaan aluksella huhtikuussa tänä vuonna saattoivat Wärtsilän asiantuntijat todeta sekä itse aluksen että sen laitteistojen olevan moitteettomassa kunnossa vielä kymmenen vuoden käytön jälkeen. Näitä ns. Arktika-tyypin jäänmurtaajia on tällä hetkellä käytössä kaksi ja kaksi muuta on rakenteilla.

Arktika-tyypin jäänmurtaajissa pääenergiälähteenä toimii kaksi painevesityyppistä reaktoria. Tehonsiirtojärjestelmä on turbosähköinen. Sähköenergia kehitetään kahdella turboaggregaatilla, joissa kummassakin on yhden turbiinin akselille kytketty kolme generaattoria. Aluksen kolmea potkuria käyttää kutakin yksi tasavirtamoottori.

Wärtsilältä nyt tilatut ns. Taimyr-tyypin murtaajat ovat teholtaan ja kooltaan Arktika-tyypin murtaajia pienempiä. Erikoisuutena aluksissa on niiden pieni, noin 8 metrin syväys, joka mahdollistaa toiminnan jokien matalilla suistoalueilla. Reaktorityyppi on sama kuin Arktika-luokassa, mutta reaktoreita on vain yksi. Tehonsiirto tapahtuu turbosähköisesti vaihtovirta-vaihtovirtajärjestelmällä. Tällaista sähköjärjestelmää ei toistaiseksi ole jäänmurtaajissa käytetty.

Taimyr-luokan murtaajat ovat myös huomattava suomalais-neuvostoliittolainen yhteistyöprojekti, sillä reaktorit ja primääripiiri apujärjestelmineen sekä suunnitellaan että rakennetaan Neuvostoliitossa. Jäänmurtaajat rakennetaan ja varustellaan valmiiksi Wärtsilän Helsingin telakalla, minkä jälkeen ne siirretään Lenigradiin primääripiirin asennusta varten. Helsingistä alukset luovutetaan vuosina 1988 ja 1989



ТАЙМЫР

Ирина Шабалина

J Santaholma
Varatuomari
Imatran Voima Oy

27.5.1985

YDINENERGIALAINSÄÄDÄNNÖN KOKONAISUUDISTUS 1985

LUPAJÄRJESTELMÄSTÄ

Velvollisuus hakea lupa

Ydinenergian käyttö on kielletty ilman ydinenergiain lain mukaista lupaa (ydinenergiain lakiehdotuksen, YELE 8 § 1). Tämä tarkoittaa, että ydinenergian käyttö on luvanvaraista. Lupa on henkilö- tai yrityskohtainen. Sitä ei saa siirtää toiselle.

Ydinvoimalaitostoiminnan kannalta keskeiset luvat ovat seuraavat:

- 1 valtioneuvoston periaatepäätös suunnitellun hankkeen yhteiskunnan kokonaisedunmukaisuudesta: myönteinen päätös saatetaan eduskunnan tarkastettavaksi (11 ja 15 §:t)
- 2 rakentamislupa (18 ja 19 §:t)
- 3 käyttölupa (20 §)
- 4 ydinpolttoaineluvat (21 §)
- 5 ydinjätehuollon luvat (18-21 §)

Ydinvoimalaitoksen rakentamisluvan ja käyttöluvan käsittelee valtioneuvosto, ydinpolttoaineluvat kauppa- ja teollisuusministeriö sekä ydinjätehuollon luvat jompi kumpi näistä.

Ydinlaitoshankkeen, kuten ydinvoimalaitoksen, kohdalla sitä koskevista päätöksistä ja luvista muodostuu lupakokonaisuus, jossa eri luvat täydentävät toisiaan. Tästä aiheutuu eräitä mielenkiintoisia seuraamuksia: esim. se, että siirryttäessä luvasta toiseen lupaviranomainen joutuu tarkistamaan, ovatko uuden luvan kohdalla edelleen voimassa YELE:n yleiset periaatteet ja hankkeen yhteiskunnan kokonaisedunmukaisuus. Lupakokonaisuusajattelulla on merkitystä myös sikäli, että jos hankkeelle on saatu rakentamislupa, mutta käyttölupaa ei katsotakaan voivan myöntää, voi luvan saajalla eräin edellytyksin olla oikeus saada valtiolta korvausta rakentamiskustannuksista (27 §).

Luvansaaaja

Lupa ydinenergian käyttöön voidaan pääsääntöisesti myöntää vain suomalaiselle, olipa sitten kyseessä fyysinen tai juridinen henkilö (17 §).

Ulkomaalaiselle voidaan myöntää lupa vain yksilöidyissä poikkeustapauksissa:

- 1 ydinaineen tai ydinjätteen kuljetukseen Suomen alueella, mukaan lukien kauttakuljetukset
- 2 ydinkäyttöisen kulkuvälineen tuomiseen ja käyttämiseen tilapäisesti Suomen alueella sekä
- 3 eräissä tapauksissa ydinaineen tai ydinjätteen osalta valvontatehtävään liittyvässä asiassa kansainväliselle järjestölle tai ulkomaan viranomaiselle.

Ydinvoimalaitoksen toteuttamisen ja käyttämisen kannalta edellä olevasta johtuu, ettei esim. rakentamislupaa voi myöntää ulkomaiselle toimittajalle, joka rakentaisi Suomeen avaimet käteen -ydinvoimalaitoksen ja luovuttaisi sen suomalaiselle tilaajalle. Luvitusmenettely ja yhteydet lupa- ja valvontaviranomaisiin on hoidettava suomalaisen tilaajan nimissä. Hän on siis luvanhakija ja luvansaaaja. Sama koskee ydinvoimalaitoksen käyttämistä.

Miten olisi arvosteltava tilannetta, jossa suomalaiset voimayhtiöt päättävät rakentaa ydinvoimalaitoksen yhteiseen lukuun siten, että esim. yksi hankkeen osakkaista huolehtii voimalaitoksen toteutuksesta, luovuttaakseen sen valmiina yhteiselle organisaatiolle. Tällaisessa tapauksessa olisi oltava mahdollinen esim. sellainen järjestely, jossa pääluvat haetaan yhteisesti tai yhteisen organisaation nimissä ja yhteydet viranomaisiin hoitaa hankkeen toteutuksesta huolehtiva osakas.

Lupaviranomaiset

YELE:ssä ehdotetut lupaviranomaiset ovat:

- 1 valtioneuvosto: ydinlaitoksen rakentamis- ja käyttöluvut sekä uraani- ja toriummalmeja koskeva kaivostoiminta (16 § 1); valtioneuvosto tekee myös ydinlaitoshanketta koskevan periaatepäätöksen, jonka käsittelyyn kytkeytyy myös eduskunta päätöksen tarkastajana (11 ja 15 §:t)

- 2 kauppa- ja teollisuusministeriö myöntää muut luvat, paitsi seuraavassa kohdassa mainittuja lupia (16 § 2)
- 3 säteilyturvakeskus (STUK) myöntää luvat, joiden käsittely on asetuksella delegoitu sille (16 § 2)

Lupaviranomaisten ohella YELE:ssä todetaan useita lausuntoviranomaisia. Lisäksi ydinlaitoksen lupaprosesseihin kytkeytyy useita muitakin lupaviranomaisia siinä vaiheessa, kun ydinlaitokselle haetaan lupia muiden lakien kuin YEL:n perusteella: esim. rakennusviranomaiset, vesiviranomaiset jne.

Yleiseltä merkitykseltään huomattavan ydinlaitoksen rakentaminen

Yleiseltä merkitykseltään huomattavan ydinlaitoksen rakentaminen edellyttää valtioneuvoston periaatepäätöstä siitä, että sen rakentaminen on yhteiskunnan kokonaisedunmukaista (11 §). Myönteinen periaatepäätös on siis rakentamisluvan ehdoton edellytys. Tällaisia laitoksia ovat mm.

- 1 sellaiset ydinenergian aikaansaamiseen käytettävät laitokset, joiden lämpöteho on enemmän kuin 50 MW; ts. kaikki ydinvoimalaitokset ja lämmitysreaktorit - useimmat tutkimusreaktorit sen sijaan jäävät rajan ulkopuolelle
- 2 ydinjätteen loppusijoitusvarastot
- 3 muista laitoksista tärkeimpinä esimerkkeinä väkevöintilaitokset ja jälleenkäsittelylaitokset.

Ydinlaitoksille, jotka eivät ole yleiseltä merkitykseltään huomattavia, haetaan suoraan rakentamislupaa.

Periaatepäätöstä haetaan valtioneuvostolle osoitetulla hakemuksella (12 §). Valtioneuvoston käsitteilyn valmistelelee KTM (Energiaosasto). Tarvittavat tiedot ja selvitykset saadaan joko päätöksen hakijalta hakemuksesta ja lisäselvityksistä taikka viranomaistoimin lausuntopyynnöillä ja 13 §:n mukaan järjestettävillä yleisillä kuulemisilla.

Pakollisia selvityksiä ovat 12 §:n mukaan seuraavat lausunnot:

- 1 STUK:n alustava turvallisuusarvio
- 2 ympäristöministeriön lausunto
- 3 suunnitellun ydinlaitoksen sijaintikunnan kunnanvaltuuston lausunto ja
- 4 naapurikuntien lausunnot.

Asetuksella tullaan määräämään, miltä muilta viranomaisilta pyydetään lausuntoja. Oletettavasti kuitenkin paikallisilta viranomaisilta, vesiviranomaisilta, ilmansuojeluviranomaisilta, rahoitus- ja valuuttaviranomaisilta jne.

On luonnollista, että myös KTM ja erityisesti sen energiaosasto tekevät ja hankkivat selvityksiä.

Periaatepäätöksen harkinta

YELE:n 14 §:n systematiikan mukaan valtioneuvoston harkinta on kaksijakoista, ensinnäkin oikeusharkintaa ja toiseksi tarkoituksenmukaisuusharkintaa.

Oikeuskysymyksinä, eli ehdottomina edellytyksinä myönteisen periaatepäätöksen tekemiselle valtioneuvoston on todettava:

- 1 että sijaintikunnan kunnanvaltuusto on lausunnossaan puoltanut ydinlaitoksen rakentamista alueelleen (kunnan veto-oikeus) ja
- 2 ettei esiin ole tullut seikkoja, jotka osoittavat, ettei ole riittäviä edellytyksiä rakentaa ydinlaitosta siten kuin 6 §:ssä edellytetään (vaadittavan turvallisuustason saavuttamisen arviointi).

Mikäli edellä mainitut edellytykset täyttyvät, valtioneuvosto harkitsee periaatepäätöstä yhteiskunnan kokonaisedun kannalta. Tällöin se ottaa huomioon ydinlaitoksesta aiheutuvat hyödyt ja haitat, kiinnittäen erityisesti huomiota:

- 1 ydinlaitoshankkeen tarpeellisuuteen maan energiahuollon kannalta (kytkentä esim. sähköhuollon runkosuunnitteluun)
- 2 ydinlaitoksen suunnitellun sijaintipaikan sopivuuteen ja ydinlaitoksen ympäristövaiikutuksiin sekä
- 3 ydinpolttoaine- ja ydinjätehuollon järjestämiseen.

Yhteiskunnan kokonaisedunmukaisuuden harkinta on siis viime kädessä tarkoituksenmukaisuusharkintaa. Tällä tarkoitetaan sitä, että valtioneuvosto voi vapaan harkintansa mukaan tehdä asiassa hankittujen selvitysten pohjalta joko myönteisen tai kielteisen periaatepäätöksen. Päätöksestä ei voi tarkoituksenmukaisuussyillä valittaa.

Periaatepäätöshakemus

Periaatepäätöshakemus esitetään ydinlaitoshankkeen aikaisessa vaiheessa. Se on luonteeltaan yleinen, samoin sen sisältämät tiedot. Tämä johtuu siitä, ettei luvanhakija saa ennen periaatepäätöksen tarkastamista eduskunnassa ryhtyä sellaisiin toimenpiteisiin, jotka taloudellisen merkityksensä vuoksi saattaisivat vaikeuttaa valtioneuvoston ja eduskunnan mahdollisuuksia ratkaista asia vapaan harkintansa mukaan (15 §).

Hahmoteltaessa ydinvoimalaitoshankkeen periaatepäätöshakemusta, sen keskeiset kohdat voisivat näyttää seuraavanlaisilta.

1

Ydinvoimalaitoksen tarpeellisuus ja edullisuus maan energiahuollossa ja kansantaloudessa

Hakemuksessa viitataan sähköhuollon eri selvityksiin (KTM, STYV, SHN jne.).

2

Ydinvoimalaitoshanke

Lähestymistapa ydinvoimalaitosvaihtoehtoihin on yleinen. Ydinvoimalaitosvaihtoehtoja ei yksilöidä. Liitteisiin sisältyy kuitenkin lyhyt esittely selvitetävistä vaihtoehtoista. Yksityiskohtainen selvitys on mahdollista esittää vasta varsinaisessa rakentamislupahakemuksessa.

Hankkeen alustava kokonaiskustannusarvio ja yleispiirteinen rahoitussuunnitelma esitetään hakemuksen liitteissä.

3

Suunniteltu sijaintipaikka

Laitospaikka(vaihtoehdot) esitellään omistussuhteiden, kaavoitustilanteen, ympäristöolosuhteiden jne. osalta.

4

Turvallisuus ja ympäristövaikutukset

Hakemuksessa ja liitteissä esitellään suunnitelmat turvallisuudesta huolehtimiseksi sekä laatujärjestelmät. Samoin selvitetään, millaisiksi ympäristövaikutukset muodostuisivat ja suunnitelmat haitallisten vaikutusten estämiseksi.

5

Ydinpolttoainehuolto

Ydinpolttoainehuollon pääpiirteet ja saatavuus esitetään. Ydinpolttoainehuollon malli riippuu laitostoimittajasta.

6

Ydinjätehuolto

Ydinjätehuollon alustavat suunnitelmat noudattavat valtioneuvoston 10.11.1983 antamaa periaatepäätöstä. Voimalaitosjäte ja laitoksen käytöstäpoistojäte on tarkoitus sijoittaa lopullisesti laitospaikoille. Käytetyn ydinpolttoaineen huoltomalli riippuu laitostoimittajasta.

Kustannusarvioissa otetaan huomioon kaikki ydinjätehuollon kustannukset sen mallin pohjalta, että käytetty ydinpolttoaine joudutaan loppusijoittamaan Suomeen.

7

Yleispiirteinen selvitys

Hakemuksen yhteydessä annetaan KTM:n tarkastettavaksi uuden lain mukainen, yleisesti saatavilla pidettävä yleispiirteinen selvitys laitoshankkeesta.

8

Varsinainen hakemus

Varsinaisessa hakemuslausekkeessa pyydetään valtioneuvoston periaatepäätöstä siitä, että ydinvoimalaitoksen rakentaminen on yhteiskunnan kokonaisedun mukaista. Pyyntö kattaisi kaikki voimalaitokseen liittyvät oheistoiminnotkin, kuten ydinpolttoainetarastot sekä ydinjätehuollon vaatimat tilat ja sijoituspaikat.

Ydinvoimalaitosvaihtoehtojen yksilöinti periaatepäätöshakemuksessa

Hallituksen esityksen sivulla 31 on todettu mahdolliseksi, että periaatepäätöstä koskeva hakemus käsittää useitakin eri vaihtoehtoja sen suhteen, kuinka suuri ja minkätyyppinen ydinlaitos tai mää-

rätyn ydinlaitostyyppin sovellutus on kysymyksessä. Sellaisessa tapauksessa voisi hallituksen esityksen mukaan valtioneuvoston periaatepäätös olla kokonaan kielteinen, jolloin minkään hakemukseen sisältyvän laitoksen rakentamista ei katsota yhteiskunnan kokonaisedunmukaiseksi, osittain kielteinen, jolloin yksi tai useampia vaihtoehtoja katsotaan yhteiskunnan kokonaisedunmukaisiksi tai kokonaan myönteinen, jolloin valtioneuvosto katsoo kunkin vaihtoehtoisen hankkeen toteuttamisen yhteiskunnan kokonaisedunmukaiseksi. Hallituksen esityksessä jatketaan, että ellei eduskunta katso valtioneuvoston päätöksen olevan kumottava, jää viimeksi mainituissa tapauksissa hakijan myöhemmän ratkaisun varaan, mikä vaihtoehtoista hankkeista viedään rakentamislupakäsittelyyn. Tässä yhteydessä korostetaan vielä kilpailutilanteen säilyttämisen tärkeyttä.

Hallituksen esityksen perustelut eivät tältä osin ole asianmukaiset. Koska periaatepäätöksen hakijan tiedot vaihtoehtoista eivät hankkeen siinä vaiheessa voi olla riittävät, ei myöskään valtioneuvoston tule ryhtyä "valitsemaan" laitosvaihtoehtoa päätöksenhakijan puolesta, vaan tyytyä tarkastelemaan, onko koko hanke sinänsä yhteiskunnan kokonaisedunmukainen. Kilpailutilanteen säilyttämisenkin nimissä on valintaprosessin vaihtoehtojen välillä jätävä päätöksenhakijan vastuulle. Mikäli valtioneuvoston periaatepäätös hankkeen jatkamiselle sinänsä on myönteinen ja eduskuntakin jättää sen voimaan, on luvan hakijan asia valita ydinvoimalaitosvaihtoehto tarjoustilanteen pohjalta sekä valita myös sen jälkeen lopullisesti ehdotettava laitospaikka, jos paikkojenkin osalta on ollut useampia vaihtoehtoja. Yksilöity ydinvoimalaitosratkaisu ja lopullisesti valittu laitospaikka esitetään sen jälkeen ehdotuksena hyväksyttäväksi rakentamislupahakemuksessa. Muunlainen menettely johtaisi vastuusuhteiden hämärtymiseen, kilpailutilanteen mahdolliseen poistumiseen ja todennäköisesti huonompaan lopputulokseen laitoksen kalleuden johdosta ja jopa turvallisuustuloksenkin huononemiseen kilpailutilanteen puuttuessa.

Ilmoitus eduskunnalle

Myönteinen periaatepäätöksensä on valtioneuvoston viipymättä annettava eduskunnan tarkastettavaksi. Eduskunta voi kumota periaatepäätöksen sellaisenaan tai päättää, että se jää sellaisenaan voimaan (15 §). Siis ainoastaan myönteinen periaatepäätös saataan eduskunnan käsittelyyn. Eduskunnan tarkastuksessa eduskunta ei voi muuttaa periaatepäätöksen sisältöä. Molemmilla näillä määräyksillä on tahdottu osoittaa, että hallintopäätöksen käsittely eduskun-

nassa on poikkeuksellista ja että vastuun energia-
politiikan suuntalinjoista tulee säilyä valtioneu-
vostolla. Eduskunnalle on kuitenkin haluttu varata
oikeus reagoida yhteiskunnan kannalta tärkeäksi
katsotussa energiapoliittisessa ratkaisussa.

Ydinenergian käyttöä koskevat ehdot

Varsinaiset laitosluvut ovat siis rakentamislupa ja
käyttölupa. Ne myöntää valtioneuvosto. Ydinenergia-
lakia säädettäessä on lähdetty siitä, että varsinai-
set laitosluvut laadittaisiin mahdollisimman yksi-
löityinä kyseistä laitosta varten. Tarvittavat
yleisluontoiset määräykset annettaisiin valtioneu-
voston määräyksinä, jotka valmistelelee STUK. Näin
ollen ydinenergian käyttöä koskisivat seuraavat
määräykset hierarkisessa järjestyksessä:

- 1 laintasoiset määräykset
- 2 asetusten määräykset
- 3 valtioneuvoston määräykset sekä KTM:n ja
STUK:n ohjeet
- 4 lupien ehdot.

Rakentamislupa

Ennen rakentamislupahakemuksen laatimista luvan ha-
kija valitsee hakemuksessaan ehdotettavan ydinvoima-
laitosvaihtoehdon turvallisuutta koskevin, teknillis-
sin ja kaupallisista kriteereistä. Luonnollisesti hän
myös arvioi, voiko valittava vaihtoehto saada asian-
mukaiset luvat.

Lupa ydinvoimalaitoksen, kuten muunkin yleiseltä
merkitykseltään huomattavan ydinlaitoksen rakentami-
seen edellyttää 18 §:n mukaan.

- 1 eduskunnan tarkastamaa valtioneuvoston
myönteistä periaatepäätöstä sekä
- 2 rakentamisluvan myöntämiselle määrättyjen
edellytysten täyttämistä

Kaikkien ydinlaitosten rakentamislupaa koskevassa
YELE:n 19 §:ssä on annettu edellytykset sekä merki-
tykseltään huomattavan että muunkin ydinlaitoksen
rakentamiselle. Näitä ovat mm.

- 1 Toteutus suunnitelmat ovat turvallisuuden
kannalta riittävät sekä työsuojelu ja väes-
tön turvallisuus muutoinkin on asianmukai-
sesti otettu huomioon toiminnan suunnitte-
lussa.

- 2 Sijoituspaikka on turvallisuuden kannalta tarkoituksenmukainen ja ympäristönsuojelu on asianmukaisesti otettu huomioon.
- 3 Turvajärjestelyt on asianmukaisesti otettu huomioon.
- 4 Laitosalueen kaavoitus on kunnossa ja haki- ja hallitsee aluetta.
- 5 Ydinjätehuollon menetelmät ovat riittävät ja asianmukaiset.
- 6 Ydinpolttoainehuollon suunnitelmat ovat riittävät ja asianmukaiset.
- 7 STUK:lle on varattu riittävät mahdollisuudet toteutuksen valvontaan niin kotimaassa kuin ulkomaisillakin valmistuslaitoksilla.
- 8 Tarpeellinen asiantuntemus on käytettävissä.
- 9 Talous on kunnossa.
- 10 Hakijalla harkitaan muutoinkin olevan edellytykset harjoittaa toimintaa turvallisesti ja Suomen kansainvälisten sopimusvelvoitteiden mukaisesti.

Erityisesti edellytetään, että suunniteltu ydinlaitos muutoinkin täyttää YELE:n 5-7 §:ssä säädetyt periaatteet, eli yhteiskunnan kokonaisedunmukaisuuden vaatimuksen, turvallisuustasoa koskevan edellytyksen sekä vaatimukset turva- ja valmiusjärjestelyjen kunnossaolosta.

Hakija esittää selvitykset edellä mainituista seikoista rakentamislupahakemuksessa.

YELE:n 19 §:n 1 momentin 7. kohta on valvontaviranomaisen kannalta keskeinen. Tämän on nimittäin voitava varmistautua siitä, että ydinlaitoksen rakenteet ja osat sekä siinä käytettävä polttoaine valmistetaan niin, että kokonaisuudesta tulee turvallisuusvaatimukset täyttävä. Rakentamislupahakemuksessa on näin ollen selvitettävä tähän tähtäävät järjestelyt. Luvan hakijan tulee pyrkiä siihen, että laadunvalvonta ja -varmistus ulottuu myös ulkomailta tapahtuvaan valmistukseen. Pääsääntönä tulee olla, että valvontaviranomaiselle järjestetään mahdollisuus omakohtaiseen valmistuksentarkkailuun niin kotimaisilla kuin ulkomaisillakin valmistuslaitoksilla aina, kun viranomaisen sitä edellyttää. Kuitenkin jollakin ulkomaisella valmistuslaitoksella

saattaa olla esimerkiksi lainsäädäntöön pohjautuva este, joka kieltää ulkomaalaisten laadunvarmistustoimet. Tällaisessa yksittäistapauksessa täytyy voida soveltaa muunlaistakin ratkaisua ja turvautua silloin esim. riittäväksi hyväksytyihin, kysymyksessä olevassa maassa tarjolla oleviin valmistuksen tarkkailupalveluihin korvaavana menettelyinä.

Käyttölupa

Ydinlaitoksen käyttöönotto edellyttää YELE:n mukaan käyttölupaa (20 §), kuten aikaisempi atomienergialakikin. Luvan myöntämisen edellytykset ovat suurelta osin samat kuin rakentamisluvankin kohdalla. Tarkemmin painotetuista edellytyksistä todettakoon seuraavat:

- 1 YELE:n yleisten periaatteiden täytyy edelleen olla täytetyt.
- 2 Hakijan käytettävänä olevaan asiantuntemukseen ja erityisesti käyttöhenkilökunnan kelpoisuuteen ja laitoksen käyttöorganisaatioon kiinnitetään erityinen huomio. STUK selvittää mainitut seikat.
- 3 STUK selvittää edelleen, että
 - katsastuksenomaisessa tarkastuksessa todetaan ennen käyttöön ryhtymistä, että ydinlaitos täyttää asetetut turvallisuusvaatimukset
 - turvajärjestelyt sekä valmiusjärjestelyt ovat riittävät
 - ydinaseiden leviämisen estämiseksi tarpeellinen valvonta on järjestetty ja
 - vahingonkorvausvastuu ydinvahingon varalta on järjestetty.

KTM toteaa lisäksi, että varautuminen ydinjätehuollon kustannuksiin on järjestetty asianmukaisesti.

Muu ydinenergian käyttö

Muun muassa ydinpolttoainehuollon ja ydinjätehuollon luvat kuuluvat suurelta osin YELE:n 21 §:stä säännellyn lupajärjestelyn piiriin. Tosin ydinjätehuollon osalta erityisesti loppusijoitusvarastot katsotaan useissa tapauksissa itsenäisiksi ydinlaitoksiksi, jolloin niitä koskevat lähinnä yleiseltä merkitykseltään huomattavaa ydinlaitosta koskevat määräykset.

Muuhun ydinenergian käyttöön liittyvät muun muassa kaikki vientiä ja tuontia koskevat luvat. Tällaista toimintaa sääntelevät myös sekä ydinsulkusopimus että ydinenergia-alan kahdenväliset sopimukset, joilla valvotaan ydinalan kansainvälistä vaihdantaa ydinaseiden leviämisen estämiseksi. Tällaiset luvat saattavat koskea myös tietoaaineistoa sekä yksityis-oikeudellista sopimusta, jolla suomalainen tekee ulkomailla suoritteita vieraalle valtiolle tai muulle ulkomaalaiselle, mikäli tietoaaineistolla tai sopimuksella on merkitystä ydinaseiden leviämisen kannalta tai siihen muutoin kohdistuu Suomen tekemien ydinenergia-alan kansainvälisten sopimusten velvoitteita. Tällainen sopimus voi koskea ydin-aineita, laitoksia, keskeisiä laitteistotoimituksia sekä tietoaaineistoa.

Luvan muuhun ydinenergian käyttöön myöntää joko KTM tai STUK.

Kulkuvälineessä oleva ydinlaitos

Kulkuvälineessä oleva ydinlaitos tai ydinkäyttöinen kulkuväline tarvitsee KTM:n luvan ennen Suomeen tuloa ja täällä käyttämisestä (22 §).

Lupahakemusten käsittely

Pääsääntö on 23 §:n mukaan, että luvat valmisteleo KTM. Lausuntoja pyydetään, luvasta riippuen, mm. seuraavilta:

- STUK
- ympäristöministeriö
- ulkoasiainministeriö
- ao. keskusvirastoilta
- ao. tutkimuslaitoksilta
- lääninhallituksilta
- kunnilta ja paikallisviranomaisilta
- usein myös kansalaisjärjestöiltä tai yksittäisiltä kansalaisilta

Lausuntopyyntömenettelyyn sovelletaan hallintomenettelylakia.

Luvan voimassaolo

Lupa myönnetään määräaikaisena, lukuunottamatta rakentamislupaa. Määrääjän pituutta harkittaessa otetaan huomioon erityisesti turvallisuuden varmistaminen ja toiminnan arvioitu kesto. Ydinvoimalaitoksen osalta tämän määrää useimmiten ydinlaitoksen arvioitu käyttöikä.

Lupaehtojen muuttaminen

Lupaehtoja tarvitaan täydentämään yksittäisen ydinlaitoksen kohdalla kaikkea toimintaa koskevia YELE:n yleisiä määräyksiä (23 § 1).

Lupaehtoja voidaan YELE:n mukaan muuttaa (23 § 2). Atomienergialakiin nähden muuttamisperusteita on laajennettu. Lupaehtoja voidaan muuttaa, milloin ydinenergian käytön yleisten periaatteiden ja luvan myöntämisen edellytysten ylläpitäminen sitä edellyttää. Ylläpitämisen kannalta keskeisinä seikkoina ovat ydinjätehuollon varmistaminen, turva- ja valmiusjärjestelyt ja ydinaseiden leviämisen estäminen. Luvanhaltijan oikeusturvaan viitaten on YELE:n perusteluissa todettu, että lupaehtoja muutetaan vain silloin, kun siihen on painavia perusteita. Menettely lupaehtoja muutettaessa on samantapainen kuin lupaa myönnettäessäkin. Lupaehtoja muuttaa luvan myöntänyt viranomais.

Luvan peruuttaminen

YELE:n mukaan sen perusteella myönnettyt luvat voidaan peruuttaa (26 §). Kriteeri on, että luvan myöntämisen edellytykseksi säädettyjen yleisten periaatteiden toteutuminen on olennaisella tavalla vaarantunut. Mielenkiintoista on, että 26 §:ssä tätä edellytystä seuraava esimerkkiluettelo käsittää kuitenkin ainoastaan tapauksia, jotka johtuvat luvanhaltijasta, nimittäin:

- 1 luvan ehtojen tai viranomaisten määräysten rikkominen
- 2 ydinjätehuollon varautumisvelvollisuuden laiminlyönti tai atomivastuulain määräysten rikkominen taikka
- 3 luvanhaltijan oikeuskelpoisuuden menettäminen, kuolema tai purkautuminen, samoin kuin yhteisön konkurssi.

Esimerkkiluettelo antaa tulkintaohjeen purkamisten edellytysten arvostelemiseen.

Luvanhaltijalle on varattava tilaisuus kohtuullisessa määräajassa korjata peruuttamiseen johtava puute.

Lupaa peruutettaessa noudatetaan samaa menettelyä kuin lupaa myönnettäessäkin. Luvan peruuttaa sen myöntänyt viranomais.

Korvaus luvan peruuttamisesta tai epäämisestä

YELE:n 27 §:n mukaan peruutustapauksessa tai siinä tapauksessa, että käyttö lupaa ei rakentamisluvan jälkeen myönnettäisi, voi luvan haltija saada eräin edellytyksin korvausta.

Korvaustapauksena on perusteluissa mainittu erityisesti, että ydinlaitoksen rakentamislupa tai käyttö lupa peruutetaan tai käyttö lupaa ei myönnetä sen vuoksi, että yhteiskunnan kokonaisuus sitä edellyttää. Hieman hämmästyttävältä kuitenkin tuntuu, ettei korvausta 27 §:n mukaan kuitenkaan voi saada, mikäli peruuttaminen johtuu siitä, ettei 6 §:ssä edellytetyä turvallisuustasoa voi enää saavuttaa tai että 7 §:ssä edellytetyt turva- ja valmiusjärjestelyt eivät olisi kunnossa. Molemmat tapaukset nimittäin saattavat johtua myös luvan haltijasta riippumattomista syistä. Esimerkiksi turvallisuustason vaatimusta voidaan käytön aikana ja ehkä vastoin luvan haltijan käsitystä korottaa niin paljon, ettei ydinlaitosta kannata muuttaa uutta tasovaatimusta vastaavaksi. Luvan haltija ei myöskään voi paljonkaan vaikuttaa viranomaisen vastuulla olevien turva- ja valmiusjärjestelyjen kunnossaoloon. Tuntuisi, että myös tällaisissa tapauksissa olisi voitava joillakin edellytyksillä maksaa korvausta luvan peruuttamisesta.

On tietysti selvää, ettei korvausta makseta, jos luvan peruuttaminen on johtunut luvan haltijasta tai hänen toiminnastaan riippuvasta syystä.

(Artikkeli jatkuu seuraavassa numerossa).

HIUKKASFYSIIKAN KUULUMISIA

KVARKIT JA LEPTONIT

Hiukkasfysiikan kokeet ovat kuluneiden viidentoista vuoden aikana paljastaneet uuden perusrakenteen aineessa: kaikki tunnettu materia rakentuu kolmesta kvarkki- ja leptoniperheestä (taulukko 1).

Atomin ytimen protonit ja neutronit ovat u- ja d-kvarkkien yhdistelmä, atomin kuorirakenne taas leptoniperheen elektronien aikaansaannos. Yleisemmin voidaan todeta, että raskaat alkeishiukkaset, baryonit (esim. protoni ja neutroni), ovat kolmen kvarkin yhdistelmiä ja keskiraskaat alkeishiukkaset, mesonit, koostuvat kvarkki ja anti-kvarkki -pareista.

Taulukko 1. Materian jaksollinen järjestelmä

KVARKIT		LEPTONIT		
NIMI	SÄHKÖVARAUS	NIMI		SÄHKÖVARAUS
ylös (u)	+ 2/3	elektroni	(e)	-1
alas (d)	- 1/3	el. neutriino	(ν)	0
lumo (c)	+ 2/3	myoni	(μ)	-1
outo (s)	- 1/3	myoni-neutriino	(ν)	0
tosi (t)	+ 2/3	tau	(τ)	-1
kaunis (b)	- 1/3	tau-neutriino	(ν)	0

PERUSVOIMAT

Ydinvoima eli ns. vahva voima sitoo protonit ja neutronit atomin ytimeksi. Sähkövoiman ansiosta ydin ja elektronit muodostavat atomin. Neutronin muuntumisen protoniksi mahdollistaa ytimen radioaktiivinen β^- -hajoaminen, jossa neutroni heikon voiman välityksellä hitaasti hajoaa protoniin, elektroniin ja antineutriinon.

Kaikkia aineen perusosasten vuorovaikutuksia välittävät fotonit, gluonit, välibosonit ja gravitiinot (taulukko 2).

Taulukko 2. Perusvuorovaikutukset

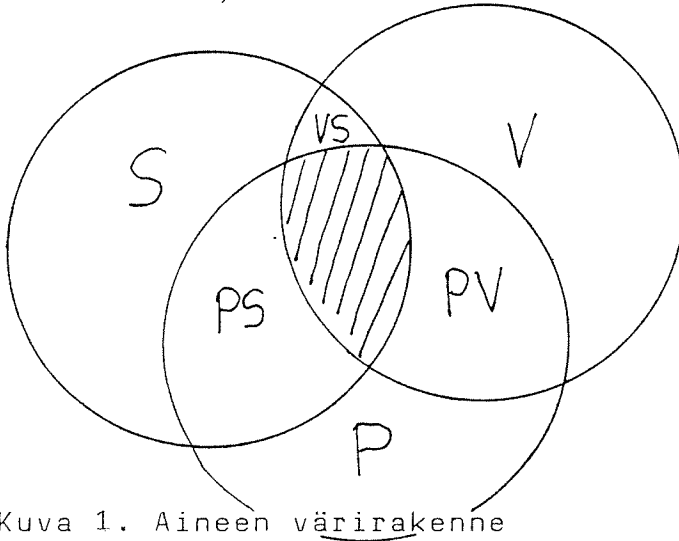
VUOROVAIKUTUS	VÄLITTÄJÄ	SUHTEELLINEN VOIMAKKUUS
Vahva	gluoni (g^0)	= 1
Sähköinen	fotoni (γ^0)	= 10^{-2}
Heikko	välibosonit (W^+, Z^0)	= 10^{-6}
Gravitaatio	gravitiino (G)	= 10^{-41}

VÄRIVOIMA

Vastaavasti kuten sähkövoima perustuu fotonien vaihtoon sähköisesti varattujen hiukkasten välillä, vahvaa voimaa välittävät gluonit. Gluonit taas kytkeytyvät kvarkkien (ja gluonien) värivarauksiin. Vain kvarkeilla ja gluoneilla on värivarausta, kaikki kvarkkien muodostamat havaittavat hiukkaset ovat värivarauksen suhteen neutraaleja, siis valkoisia.

Kullakin kvarkilla on kolme mahdollista värivaraustilaa: punainen, vihreä ja sininen (P,V,S). Antikvarkin (kvarkin vastahiukkanen) vastaavat värivaraukset ovat antipunainen, antivihreä ja antisininen (P,V,S). Värittömiä mesoneja (kvarkki + antikvarkki) ja värittömiä baryoneja (kolme kvarkkia) saadaan yhdistämällä (kuva 1):

- 1) punainen, vihreä ja sininen kvarkki (P,V,S)
- 2) antipunainen, antivihreä ja antisininen kvarkki ($\bar{P}, \bar{V}, \bar{S}$)
- 3) punainen, antipunainen (P \bar{P})
 vihreä, antivihreä (V \bar{V})
 sininen, antisininen (S \bar{S})

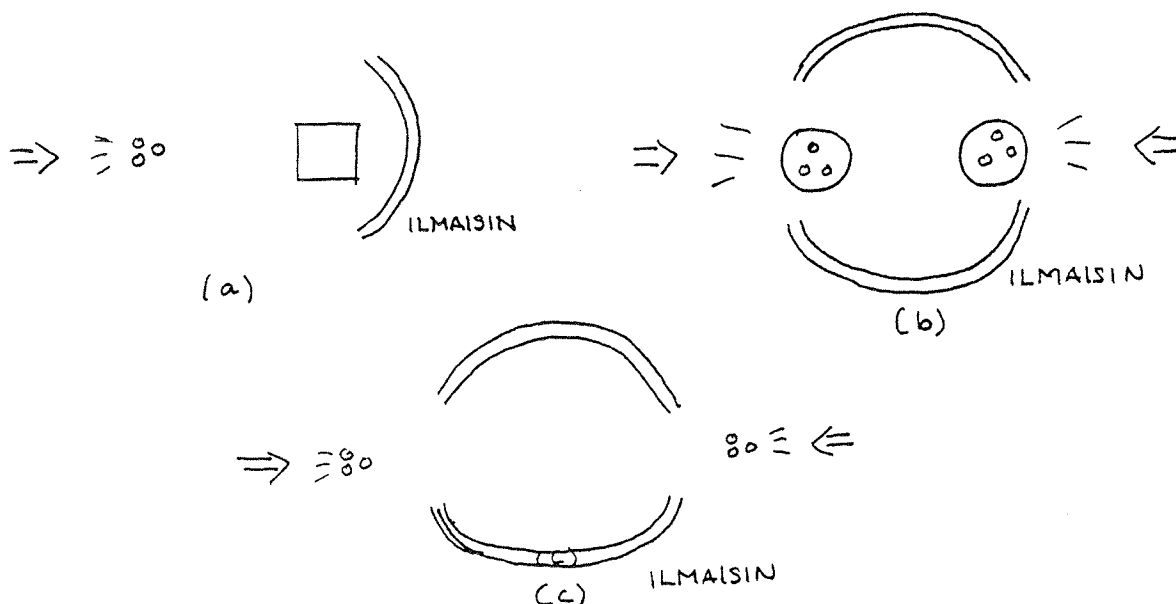


Kuva 1. Aineen värirakenne

Protonin värisisältö on tällöin yhdistelmä PVS, antiprotonin $\bar{P}\bar{V}\bar{S}$ ja hiukkasreaktioista tuttu π -mesoni yhdistelmä PP+VV+SS. Vahvaa vuorovaikutusta välittävää gluonia voidaan pitää kahden väriverauksen yhdistelmänä.

HIUKKASFYSIIKAN MITTAUSMENETELMISTÄ

Aineen perimmäisen rakenteen tutkimus nojautuu kokeisiin, joissa liike-energiaa muuttuu aineeksi (kuva 2). Tehokkain tapa keskittää energiaa on törmäyttää kaksi pistemäistä suuren energian hiukkasta vastakkain (kuva 2c). Näin synnytyt energiakonsentraatiot purkautuvat kymmeniksi uusiksi ainehiukkasiksi ja ne simuloivat maailmankaikkeuden alkuräjähdyttä. Suuresta määrästä keinotekoisesti aikaansaatuja "alkuräjähdyksiä" etsitään aineen perusrakenteen ja -voimien säännönmukaisuuksia, jotka paljastavat vuorovaikutusten yhteydet.



Kuva 2. Hiukkasfysiikan koemenetelmiä

LEP - UUSI TEKNOLOGIA - SOVELLUTUKSET

Euroopan aineenrakenteen tutkimuskeskus CERN sijaitsee Genevessä. Tutkimuksen tärkein työkalu on vuodesta 1988 alkaen LEP (Large Electron Positron collider), jonka 27 km pituisessa kiihdytinrenkaassa elektroneja ja niiden antihioikkasia, positroneja, törmäytetään yhteen mikrokosmoksen alkuräjähdyksen aikaansaamiseksi. Tämä toteutetaan 16 maan yhteistyöhankkeena; Myös Suomi on vankasti mukana LEP-hankkeessa.

Tässä projektissa, perustutkimuksen sekä tutkimus- ja tuotekehitystyön päämäärät ja tarpeet luontevasti nivoutuvat toisiinsa. Mikrokosmoksen avaruusluotaimet, detektorit, rakentuvat hyvin herkistä uuden teknologian antureista ja mittalaitteista, jotka soveltuvat moniin kohteisiin: Norsk Datan tietokoneet, lääketieteelliset NMR-kerroskuvauslaitteet ja erilaiset suprajohtavat materiaalit ovat alkujaan lähtöisin aineen rakenteen tutkimuksesta.

Suomen LEP-ryhmän vastuualueena on DELPHI-detektorin erään ilmaisinkerroksen ilmaisimen ja siihen liittyvän luku- ja tiedonsiirtoelektronikan suunnittelu ja valmistus. Tälläkin alueella perustutkimushanke yhdistyy tutkimukseen ja tuotekehittelyyn, mikä vastaa Suomalaisen tiede-elämän ja teknis-teollisen yhteisön vaatimuksia.

Toim. KSM

Ydinenergia-alan suomalais-saksalainen tutkimusyhteistyö,
johon VTT osallistuu; status maaliskuussa 1985

K. Kilpi, R. Rintamaa

Ydinenergia-alan tutkimusyhteistyö Suomen ja Saksan liittotasavallan välillä on jatkuvasti kasvanut 70-luvun jälkipuoliskolta lähtien. VTT:ssa yhteistyöhön suoraan liittyvää tutkimusta suoritetaan nykyään noin 5 henkilötyövuotta vuodessa. Seuraavassa esitetään lyhyesti tämän hetken tilanne käynnissä olevasta tutkimusyhteistyöstä VTT:n ja Saksan liittotasavallan eri tutkimusorganisaatioiden kesken. Yhteistyötä on mm. seuraavissa tutkimusaiheissa: komponenttimateriaalien käyttäytyminen erilaisissa kuormitusolosuhteissa ja komponenttien rakenneanalyysit, aineettorikkomattomat aineenkoetusmenetelmät, lämpö- ja virtaustekniikka, ydinjätetutkimus, ydinpolttoaineen käyttäytyminen ja vakavat reaktorionnettomuudet.

HDR-yhteistyö

Heissdampfreaktor (HDR)- reaktoriturvallisuustutkimusprojekti on mittava tutkimusohjelma, joka käynnistyi 70-luvun puolivälissä. Tässä käytöstä poistetussa reaktorilaitoksessa suoritetaan monipuolisia täyden mittakaavan kokeita, joissa tutkitaan reaktoripaineastian, putkiston, komponenttien, suojarakennuksen ym. käyttäytymistä erilaisissa kuormitustilanteissa. Tutkimusohjelmaan osallistuu useita saksalaisia tutkimusorganisaatioita eri puolilta Saksaa ja sen isäntäorganisaatio on Karlsruhe'n ydintutkimuskeskus (KfK). VTT on osallistunut HDR-yhteistyöhön vuodesta 1979 lähtien. Vuoden 1984 alussa käynnistyneessä HDR-projektin toisessa vaiheessa VTT:n tutkimuspanos on aiempaa huomattavasti suurempi, noin 2,5 henkilötyövuotta vuodessa. Nykyinen yhteistyösopimus jatkuu toisen vaiheen loppuun, vuoteen 1988. VTT:n tutkimus kohdistuu kolmelle HDR-tutkimusohjelman painoalueelle, mutta tulevaisuudessa VTT voi osallistua muidenkin aihepiirien tutkimukseen, mikäli sopimusosapuolet niin hyväksyvät.

Joka tapauksessa kustannuksiltaan lähes 100 MFIM maksavan tutkimusohjelman toisen vaiheen tutkimustulokset saadaan Suomeen riippumatta siitä, osallistuuko VTT konkreettisesti kunkin tutkimusaihepiirin työhön.

Materiaalitutkimukseen liittyvässä yhteistyössä tutkitaan komponenttimateriaalien käyttäytymistä erilaisissa kuormitusolosuhteissa. Kokeet käsittävät termoshokkikokeita (lyhyt- ja pitkäaikaisia) ja syklisiä, staattisia ja dynaamisia putkiston kuormituskokeita. Lisäksi suoritetaan lämpötilojen sekoittumiskokeita materiaaliominaisuuksien reuna-arvojen määrittämiseksi. Kokeet suoritetaan pääasiassa HDR-laitoksella Kahlissa lähellä Frankfurtia, muualla suoritetaan lähinnä näitä tukevia laboratorioskokeita. Saksalaisista organisaatioista tutkimustyöhön osallistuvat KfK/PHDR (Projekt HDR), MPA (Materialprüfungsanstalt, Stuttgart) ja IWM (Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg). Suomessa tehtävä kokeellinen tutkimus on mm. materiaaliominaisuuksien karakterisointia reaktori-vettä simuloivissa olosuhteissa (autoklaavitestaus, murtumissitkeystestaus).

Laskennallisten rakenneanalyysien -aiheinen tutkimusyhteistyö on hyvin läheisessä yhteydessä edellä mainittuun materiaalitutkimukseen. Tutkimus koskee rakenneanalyyseissä käytettävien menetelmien kehitystyötä ja ohjelmien verifiointia. Tärkeitä tutkimusaihepiirejä ovat murtumismekaniikka, "leak before break"- ja "pipe whip"-ilmiöt. Saksalaiset yhteistyöorganisaatiot ovat samat kuin kokeellisen materiaalitutkimuksen yhteydessä, lisäksi mm. KfK/IRB (Institut für Reaktorbauelement).

NDT-aiheisessa yhteistyössä tutkitaan ainetta rikkomattomien aineenkoetusmenetelmien soveltumista lähinnä termoshokkisäröjen havaitsemiseen sekä suoritetaan NDT-menetelmien kehitystyötä. VTT:n tutkija osallistuu koko tämän vuoden projektityöskentelyyn IzfP:ssä (Fraunhofer Institut für zerstörungsfreie Prüfungen, Saarbrücken), joka on NDT-tutkimuksen päävastuullinen organisaatio HDR-projektissa. Muita saksalaisia yhteistyöorganisaatioita ovat Battelle Frankfurt ja BAM (Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin).

Lämpö- ja virtaustekniikka-aiheinen yhteistyö GRS:n kanssa

Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS)- laitoksen kanssa on vuoden 1984 lopulla käynnistynyt termohydraulisten tietokoneohjelmien kehittämistä ja verifiointia koskeva yhteistyö. VTT:n tutkija työskentelee kuluvan vuoden ajan GRS:ssä Garchingissa. Työ koskee GRS:n DRUFAN 2- ohjelman kehitys- ja verifiointityötä. Ohjelmalla laskettavia tuloksia verrataan mm. LOBI- ja LOFT- kokeitten tuloksiin. DRUFAN 2 on eri kokoisten vuotojen ja termohydraulisten transienttien laskentakoodi, joka on verrattavissa lähinnä amerikkalaisten RELAP5-mod1- ohjelmaan. VTT:n tutkija työskentelee GRS:n konsulttina, mutta voi käyttää osan työajastaan mm. VTT:ta ja IVO:a kiinnostavien analyysien tekoon DRUFAN- tai muilla GRS:n ohjelmilla. Näin VTT/GRS- yhteistyö tukee omalta osaltaan IVO/GRS- yhteistyötä, joka myös on äskettäin käynnistynyt.

Tämän vuoden loppuun kestävästä yhteistyöstä pyritään jatkamaan, mutta yhteistyön muoto on vielä avoin. Se voisi olla esimerkiksi jonkun molempia osapuolia kiinnostavan ongelman analysointi tms. Yhteistyön perusteet ovat syntyneet vähitellen viime vuosien kuluessa. Saksalaiset tietokoneohjelmat kiinnostavat entistä enemmän, koska tähän asti valtaosin Suomessa käytössä olleitten amerikkalaisten tietokoneohjelmien kehitystyö on kohdannut lisääntyviä rahoitusvaikeuksia viime vuosina. Saksalaiset tietokoneohjelmat (esim. DRUFAN 2) ovat viime aikoina myöskin tulleet kehitysasteelle, jossa niiden verifiointi- ja validointityö laajemmassa mitassa on riittävän perusteltua. Suomalaisten laitosten erityispiirteitä voi myös suhteellisen helposti ottaa huomioon saksalaisissa ohjelmissa (mm. hätäjähdytysruiskutus sekä kylmälle että kuumalle puolelle). Saksalaisten motiivit yhteistyölle ovat mm., että tutkimuksen julkisen rahoituksen riittämättömyyden vuoksi VTT:n konsulttipohjainen asiantuntija-apu on tervetullutta voidessaan alentaa oman henkilöstömäärän tarvetta lyhytaikaisten kuorimitushuippujen osalta. Myöskin saksalaiset haluavat mielellään ohjelmilleen laajaa kansainvälistä käyttöä ohjelmien laadun ja käytettävyyden parantamiseksi.

Ydinjätetutkimusaiheinen yhteistyö KfK:n kanssa

Vuonna 1982 käynnistyi yhteistyö jälleenkäsitellyn ydinjätteen loppusijoitukseen käytettävän lasitustuotteen (KfK:n lasi GP 98/12) eluutio-ominaisuuksien tutkimiseksi. Yhteistyön nykyvaihe käynnistyi syksyllä 1984 ja siinä tutkitaan suomalaisissa graniittiperäisissä maakerroksissa virtaavan pohjaveden vaikutuksia lasin liukenemisominaisuuksiin. Suomalaisten kannalta yhteistyö kiinnostaa mm. siksi, että käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely ulkomailla ja jätteen palautus ja loppusijoitus Suomessa on edelleen yksi mahdollinen loppusijoitustapa Suomessa. Saksalaiset taas pyrkivät lasitustuotteensa myymiseen muille maille. Monissa maissa loppusijoitus tapahtunee syvälle graniittiperäiseen maaperään. Tällöin lasin liukenemisominaisuuksien tunteminen graniittimaaperän pohjavesissä on laajemmassakin mielessä hyödyllistä.

Nykyinen yhteistyö tapahtuu reaktorilaboratorion ja KfK:n INE:n (Institut für nukleare Entsorgungstechnik) välillä. VTT:n tutkimuspanos on noin 1 htv/a. Staattisia ja dynaamisia kokeita suoritetaan sekä VTT:ssä että KfK:ssä. Tutkimuksissa käytetään kolmea eri vettä (01kiluodon pohjavesi, ruotsalainen ns. Allardin vesi ja tislattu vesi, viimeksi mainittu soveltuu vertailuihin muiden tutkimusten kanssa). Staattisissa kokeissa lasia pidetään lämpökaapeissa ja vaihdellaan lämpötilaa (100, 150 ja 200 C), aikaa (6 eri aikaa 3...112 vuorokauteen) ja otetaan kustakin kokeesta näytteet duplikaatteina. Dynaamisissa kokeissa on kolme yhden litran autoklaavia sarjassa muodostaen kierrätyspumpun kanssa suljetun piirin. Näissä kokeissa tutkitaan tärkeitten dynaamisten tekijöitten, kuten pohjaveden virtauksen ja sen vaihtelun sekä lämpötilan vaihtelun (muodostamalla esim. kylmäpisteitä virtaukseen) vaikutusta lasin liukenemisominaisuuksiin. Tutkimuksen tuloksina pyritään selvittämään mm. lasitustuotteen massakatoa, liuoksen ph-arvoa ja sähkönjohtokykyä sekä boorin ja silikaattien (lasin rakenneosia) liukenevista pois. Kokeet ja niiden raportointi päättynevät tämän vuoden loppuun mennessä. Mahdollisen jatkoyhteistyön sisältöä ja tarpeellisuutta tullaan arvioimaan kokeista saatavien kokemusten pohjalta.

Ydinpolttoaineen käyttäytymistä koskeva tutkimusyhteistyö THD:n kanssa

1970- luvun lopulla käynnistyi yhteistyö THD:n (Technische Hochschule Darmstadt) kanssa. Tosin vuonna 1984 on yhteistyö ollut pysähdyksissä, mutta keskustelut töiden uudelleen käynnistämisestä on aloitettu tavoitteena niiden käynnistäminen jälleen syksyllä 1985. Yhteistyö on ollut THD:n omalla ydinpolttoaineen käyttäytymistä simuloivalla tietokoneohjelmalla (URANUS) ja VTT:ssä käytössä olevilla FRAPCON ja GAPCON- ohjelmilla tehtyjen analyysien vertailua keskenään sekä vertaamalla tuloksia myös kokeelliseen dataan (lähinnä OECD-Halden projektin kokeita). Mahdollisesti käynnistyvä jatkoyhteistyö tulisi edelleen olemaan koodien vertailua. Kiinnostavia kohdealueita ovat mm. polttoaineen mekaaninen käyttäytyminen ja fissiokaasujen vapautuminen kuormanseurannassa. VTT:ssä työtä on suorittanut ydinvoimatekniikan laboratorio, työn laajuus on ollut tyypillisesti noin 5 htkk/a.

Vakavien reaktorionnettomuuksien tutkimusyhteistyö KfK:n kanssa

Vakavien reaktorionnettomuuksien aihepiirissä yhteistyötä tapahtuu KfK:n PNS (Projekt Nukleare Sicherheit) -projektin kanssa. Yhteistyö on volyymiltaan toistaiseksi pientä. Sen puitteissa ollaan ottamassa VTT:n käyttöön suojarakennuksessa olevien aerosolien käyttäytymistä simuloiva KfK:n NAUA- tietokoneohjelma.

Tutkimusyhteistyön tulevaisuudennäkymät

Viime vuosien trendi on ollut jatkuvasti lisääntyvä tutkimusyhteistyö Saksan liittotasavallan eri tutkimusorganisaatioiden kanssa. Potentiaalisia tutkimusalueita, joissa yhteistyö voisi tulevaisuudessa käynnistyä tai laajeta, on edelleen olemassa. Näistä mainittakoon uutena yhteistyön aihepiirinä mm. HDR- ohjelmassa oleva paloturvallisuustutkimus ja jo käynnissä olevana, mutta potentiaalisia laajentumismahdollisuuksia omaavana lämpö- ja virtaustekniikka-aiheinen yhteistyö.

Ansträngningarna att motverka kärnvapenspridning och IAEAs roll

Anförande i Paasikivi-samfundet, Helsingfors 21 mars 1985

Hans Blix

Generaldirektör i Internationella Atomenergiorganet, Wien

S A M M A N D R A G

Internationella Atomenergiorganet (IAEA) i Wien sysslar med några av samtidens svåraste frågor: energiförsörjningen, kärnvapnen, miljöförstöringen och underutvecklingen.

IAEA förmedlar ett rikt varierat bistånd bl.a. med nukleär isotopteknik inom områdena för livsmedel, jordbruk, hälsovård och miljövård. Främjandet av kärnkraftsproducerad elektricitet bidrar till en begränsning av försurning och skogsdöd. IAEA är även ett samarbetsforum för frågan om säker slutförvaring av högaktivt avfall.

Världen hotas ej av 340 kärnkraftverk - den hotas av 50 000 kärnstrids-
spetsar och den angelägnaste nedrustningsåtgärden är säkerligen en minskning
av vapenarsenalerna. En spridning av kärnvapen till ytterligare länder skulle
emellertid göra världen ännu farligare och IAEA har som en av sina viktigaste
uppgifter att kontrollera att den fredliga användningen av kärnkraft verkligen
är fredlig. IAEA:s kontrollverksamhet avser vad man brukar kalla den
"horisontella kärnvapenspridningen", medan den "vertikala" behandlas i
nedrustningsfora i Genève eller direkt mellan supermakterna.

Ansträngningarna att hindra en spridning av kärnvapen till ytterligare länder har varit framgångsrika. Sedan 1964 har ingen ny stat inträtt i kärnvapenklubben och 122 stater har genom biträde till icke-spridningsfördraget eller Tlatelolcofördraget bundit sig att avstå från kärnvapen samt att underkasta sig internationell kontroll.

Det första och viktigaste hindret mot kärnvapenspridning ligger i en stats egna politiska - främst säkerhetspolitiska - bedömningar. Hit hör förhållandet till grannstater och till stormakter, allianser och säkerhetsgarantier, risken för regional kapprustning men även ekonomiska överväganden och behovet av energitrygghet. Den överväldigande majoriteten stater har utifrån sådana bedömningar funnit det vara i sitt eget intresse att avstå från kärnvapen. Även de tröskelstater som ännu inte traktatmässigt bundit sig att avstå från kärnvapen säger sig inte vilja utveckla dem. Hittills har blott en av dem utfört en sprängning.

Ett andra hinder ligger i restriktioner vid överföring av nukleär teknologi. Sådana restriktioner kan bara fördröja men i längden inte hindra stater att utveckla kärnvapen, om de verkligen är villiga att satsa resurser därpå och har viss industriell infrastruktur. I en del fall kan exportrestriktioner rentav motverka sitt syfte, nämligen om tröskelstater själva utvecklar känslig teknologi och sedan inte ställer den under IAEA:s kontroll. Andra medel att verka för icke-spridning ligger i säkerhetspolitiska och ekonomiska åtgärder. Ett fullständigt provstoppsavtal skulle vara ett av de bästa medlen att vinna uppslutning kring icke-spridning men även andra framsteg i nedrustningsförhandlingarna, säkerhetsgarantier, kärnvapenfria zoner, exempelvis i mellanöstern, och ökat bistånd kan ha positiv verkan.

Ett tredje hinder mot kärnvapenspridning är en rättsligt bindande anslutning till icke-spridningsfördraget eller Tlatelolcofördraget. En rättslig bindning kan sägas utgöra en juridisk tröskel. Även om de motiv som fanns för anslutningen senare skulle minska eller försvinna, kvarstår hämningar att bryta ett ingånget avtal.

Ett fjärde hinder utgör IAEA-kontrollen. Ca. 170 inspektörer besöker kärnenergianläggningar i 50 länder. Kameror och annan kontrollutrustning övervakar verksamheten mellan inspektionerna. Miljontals kontrolluppgifter datorbehandlas i Wien och ligger till grund för IAEA:s årliga rapporter. Genom att ansluta sig till detta system och därigenom ställa hela sin kärnenergisektor under IAEA:s kontroll skapar ett mycket stort antal stater förtroende för att avledning av klyvbart material ej sker för icke fredliga syften.

Det har ibland sagts att IAEA är svagt, eftersom det inte kan fysiskt hindra avledning av klyvbart material. I en värld av suveräna stater måste varje kontroll, även gällande nedrustning, inskränka sig till observation och rapportering. Sanktionerna ligger hos staterna. Syftet är att verifiera att ingångna åtaganden efterlevs. En annan begränsning är att IAEA:s kontroll bara kan rapportera om nuläget. Den kan ej yttra sig om staters avsikter för framtiden. I en del länder som ej anslutit sig till NPT eller Tlatelolcofördraget omfattar IAEA:s kontroll inte hela programmet utan bara enskilda anläggningar. I dessa fall kan IAEA bara uttala sig om den fredliga användningen av just dessa anläggningar men kan inte ge garantier om verksamheten i staten som helhet. Icke desto mindre är IAEA:s kontroll unik. Det är första gången i historien som suveräna stater inbjudit en opartisk internationell organisation att utföra inspektion av känsliga anläggningar på deras eget territorium.

IAEA utövar också kontroll över delar av den fredliga kärnenergisektorn i fyra av de fem kärnvapenmakterna. Syftet härmed är självfallet inte att hindra kärnvapenspridning utan har en rad andra motiv. Den största betydelsen av kärnvapenstaternas accept av IAEA:s kontroll är att de därmed visar att de kan underkasta sig opartisk inspektion och kontroll på sitt eget territorium. I de flesta nedrustningsförhandlingar brukar kontrollfrågan utgöra en stor stötesten. På detta område byggs nu en viss erfarenhet upp inom IAEA. Man kan kanske hoppas att kärnvapenstaterna själva överväger vilken nytta IAEA:s kontrollteknik skulle kunna ha t.ex. för en överenskommelse om produktionsstopp eller begränsning av klyvbart material. Denna förhoppning gör det dubbelt maktpåliggande för IAEA att utveckla och konsolidera sitt kontrollsystem.



INSCRIPCION - REGISTRATION FORM

Rogamos la devolución de este formulario, con el correspondiente documento de pago, antes del 31 de Agosto de 1985 a:
Please return this form together with your payment before August 31st, 1985 to:

SIASA CONGRESOS
P.º de la Habana, 134
Tel. 457 44 95
28036 MADRID. ESPAÑA

CONGRESISTA - CONGRESS MEMBERS

Apellidos - Family name		Nombre - First name	
Empresa - Company			
Dirección - Address			
Teléfono - Telephone		Telex	

ACOMPAÑANTE - ACCOMPANYING PERSON

Apellidos - Family name		Nombre - First name	
-------------------------	--	---------------------	--

CUOTAS - CONFERENCE FEES

Su orden de pago debe ser enviada con este formulario
Payment must be sent with this form

MIEMBROS DE MEMBERS OF SNE/ANS/ENS		NO MIEMBROS NON MEMBERS		ACOMPAÑANTES ACCOMPANYING PERSONS	
antes de Before	después de After	antes de Before	después de After	antes de Before	después de After
31/8/85	31/8/85	31/8/85	31/8/85	31/8/85	31/8/85
50.000 pta	60.000 pta	60.000 pta	70.000 pta	15.000 pta	17.000 pta

Reference:
April 1985 exchange rate is
1 US \$ 175 Pta

Reserva Hotel * (Nº habitaciones) Hotel booking (Number of rooms)		Número Number	Precio unitario Price per unit	Total
Derechos de inscripción Registration fees	Congresista Congressmember			
	Acompañante/s Accompanying person/s			
Orden de pago total adjunta Total payment enclosed				

- * Es necesario depositar el importe de una noche como reserva de Hotel.
- * One night deposit is required for Hotel reservation.

Nota: Es necesario un formulario de inscripción por cada congresista y acompañante. Para un número mayor de congresistas se podrán utilizar fotocopias de este formulario de inscripción.

Note: An application form will be needed for every congress member and accompanying person. For a bigger number of congress members this form can be photocopied.

DOCUMENTO DE PAGO: Cheque bancario a nombre de ICONTT III, en Pta o su equivalente \$ USA.

PAYMENT: By cheque or draft to the name of ICONTT III, in Pta or US \$ equivalent

HOSPEDAJE - ACCOMMODATION

HOTEL EUROBUILDING Padre Damián, 23 - Telf. 457 78 00

Habitación doble Double room	<input type="checkbox"/>	13.700 pta
Habitación individual Single room	<input type="checkbox"/>	9.900 pta

HOTEL HOLIDAY INN Orense, 24 - Telf. 456 70 14

Habitación doble Double room	<input type="checkbox"/>	15.300 pta
Habitación individual Single room	<input type="checkbox"/>	13.650 pta

HOTEL MELIA CASTILLA Capitán Haya, 43 - Telf. 270 81 00

Habitación doble Double room	<input type="checkbox"/>	11.200 pta
Habitación individual Single room	<input type="checkbox"/>	8.600 pta

HOTEL CHAMARTIN Estación Chamartín, s/n - Telf. 733 90 11

Habitación doble Double room	<input type="checkbox"/>	6.000 pta
Habitación individual Single room	<input type="checkbox"/>	4.150 pta

HOTEL CENTRO NORTE Maucio Ravel, 10 - Telf. 733 34 00

Habitación doble Double room	<input type="checkbox"/>	5.500 pta
Habitación individual Single room	<input type="checkbox"/>	4.200 pta

HOTEL GRAN ATLANTA Comandante Zorita, 36 - Telf. 253 59 00

Habitación doble Double room	<input type="checkbox"/>	7.500 pta
Habitación individual Single room	<input type="checkbox"/>	5.730 pta

HOTEL ZURBANO Zurbano, 79-81 - Telf. 441 55 00

Habitación doble Double room	<input type="checkbox"/>	6.150 pta
Habitación individual Single room	<input type="checkbox"/>	4.550 pta

indique mark

NOTA:

En todos los hoteles está incluido el desayuno.
En factura se cargará el I.T.E.

Los precios de los hoteles son firmes en pesetas. Su valor en dólares USA dependerá de la paridad en el momento de la liquidación. La paridad de ptas/\$ en abril 1985 es de: aproximadamente 175 Pta/\$

NOTE:

Continental Breakfast included in all hotels.
I.T.E. tax will be added in bill.

Hotels have fixed prices in pesetas. Its cost in US\$ may vary according to the exchange rate at the moment of paying. April 1985 is approximated 175 Pta./US \$

TOURS POST CONGRESO/POST-CONGRESS TOURS

Estoy interesado y deseo información y precio del Tour post-Congreso

I am interested in and want information and price of post-Congress Tour

a b c d

Fecha de llegada Arrival date

Fecha de salida Departure date

En caso de anulación recibida antes del 15 de septiembre, los organizadores se comprometen a reembolsar el 100% del importe de los derechos de inscripción abonados. Después del 15 de septiembre y antes del 1 de octubre se reembolsará el 70%.

For cancellations received before 15th September, the organizers will refund 100% of the registration fees received. After September 15th and before October 1st the 70% will be refunded.

Firma del congresista
Signature of congress member

Fecha:
Date: