



# ATS

## YDINTEKNIikka

2/88

vol. 17

### SISÄLTÖ

#### YDINVOIMA JA YMPÄRISTÖ

Energian kulutus ja ympäristö . . . . .	1
Ulkomaisen ydinvoimalaonnettomuuden arvioidut vaikutukset Suomessa . . . . .	2
Ydinenergia on kehittyneille maille hyvä energiälähde . . . . .	4
Energiariskien vertailu — pulmana tietopohja ja yhteismitattomuus . . . . .	5
Ympäristökulkeutumismallien arvioiminen mittaustulosten pohjalta . . . . .	6
Happamoitumisprojekti — ilmansuojelua ja tutkimusta . . . . .	9
Happamoitumisen kokonaismalli . . . . .	10
Ajatuksia energiasta . . . . .	12
Ydinvoimaloiden käytöstäpoistoon varaudutaan hyvissä ajoin . . . . .	14
TVO rakentaa jo VLJ-luolaa . . . . .	17
Ydinvoima ja ympäristö kansan kielellä . . . . .	18
Ydinenergiatutkimuksen tarve Suomessa . . . . .	20
TVO:lle oma koulutussimulaattori . . . . .	22
Metsäteollisuuden sähköntarpeen näkymät . . . . .	23
Ydinvastuun kantaminen kansainvälisenä yhteistyönä . . . . .	24
Ytimekkäät . . . . .	27
Sihteerin sana — Ydinvoimaa ja kulttuuria . . . . .	28
Lyhyesti maailmalta . . . . .	30
English Abstracts . . . . .	32

# ATS

## YDINTEKNIikka

### 2/88, vol. 17

---

#### JULKAISIJA

Suomen Atomiteknillinen Seura —  
Atomtekniska Sällskapet i Finland ry.

---

#### TOIMITUS

Päätoimittaja  
DI Heikki Raumolin  
P. 90-609 0281

Perusvoima Oy  
PL 138, Malminkatu 16  
00101 Helsinki

Erikoistoimittaja  
DI Klaus Sjöblom  
P. 915-550431

Imatran Voima Oy  
PL 23  
07901 Loviisa

Erikoistoimittaja  
FK Osmo Kaipainen  
P. 90-605022

Teollisuuden Voima Oy  
Fredrikinkatu 51—53  
00100 Helsinki

Toimitussihteeri  
DI Pertti Salminen  
P. 90-456 4148

VTT/E-osaston kanslia  
Vuorimiehentie 5  
02150 Espoo

---

#### JOHTOKUNTA

Pj TKT Erkki Aalto  
Imatran Voima Oy  
PL 112  
01601 Helsinki  
P. 90-508 2410

Jäs. FK Hannu Koponen  
Säteilyturvakeskus  
Kumpulantie 7  
00520 Helsinki  
P. 90-70 821

Vpj DI Antti Hanelius  
Suomen Voimalaitosyhdistys ry.  
Lönnrotinkatu 4 B  
00120 Helsinki  
P. 90-602944

Jäs. DI Ilkka Mikkola  
Teollisuuden Voima Oy  
Fredrikinkatu 51—53 B  
00100 Helsinki  
P. 90-605022

Rh DI Seppo Salmenhaara  
VTT/REA  
Otakaari 3 A  
02150 Espoo  
P. 90-4566330

Jäs. TkL Björn Wahlström  
VTT/SÄH  
Otakaari 7 B  
02150 Espoo  
P. 90-4566400

Siht. DI Jorma Aurela  
Imatran Voima Oy  
PL 112  
01601 Helsinki  
P. 90-508 2426

---

#### TOIMIHENKILÖT

Yleissihteeri  
DI Jussi-Pekka Palmu  
P. 90-530 1647  
Imatran Voima Oy  
PL 112  
01601 Helsinki

Ekskursios sihteeri  
TkL Eero Patrakka  
P. 90-605022  
Teollisuuden Voima Oy  
Fredrikinkatu 51—53 B  
00100 Helsinki

Kans.väl.yhteyks.siht.  
DI Klaus Kilpi  
P. 90-648931  
VTT/Ydinvoimatekniikan lab.  
Lönnrotinkatu 37  
00180 Helsinki

ATS-Info puheenjohtaja  
TKT Seppo Vuori  
P. 90-648931  
VTT/Ydinvoimatekniikan lab.  
Lönnrotinkatu 37  
00180 Helsinki

Professori Antti Kulmala on Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatuosaston osastopäällikkö, p. 90-75 811.

*Antti Kulmala, Ilmatieteen laitos*

## Energiankulutus ja ympäristö

ATS YDINTEKNIikka (17) 2/88

### YDINVOIMA JA YMPÄRISTÖ

Vuoden 1988 numeroiden teemat:

No. 3 "Turvallisuus"  
artikkelit viimeistään 15.8.

No. 4 "Japani"  
artikkelit viimeistään 31.10.

Vuosikerran tilaushinta muilta kuin ATS:n jäseniltä: 200 mk

Ilmoitushinnat: 1/1 sivua 1300 mk  
1/2 sivua 800 mk  
1/3 sivua 600 mk

Toimituksen osoite:

ATS Ydintekniikka  
c/o Pertti Salminen  
VTT/E-osaston kanslia  
Vuorimiehentie 5  
02150 ESPOO  
p. 90-456 4148  
telex 122972 vttha sf  
telefax 90-460419

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

ISSN-0356-0473

ATS Ydintekniikka (17) 2/88

Energiatuotannon ympäristövaikutukset ovat olleet laajan kansainvälisen tutkimuksen kohteena jo pari vuosikymmentä ja ne tunnetaan kohtuullisen hyvin. Fossiilisten polttoaineiden käytöstä johtuvat rikki- ja typpipäästöt ja niistä johtuva maanosanlaajuinen happamoituminen ovat Euroopan arkikeskustelua. Niinikään yleisesti tunnettu on kasvihuoneilmiö. Tieto ydinenergian viattomuudesta näihin ongelmiin ei sensijaan leviä helposti kansan syviin riveihin.

Energiavaihtoehtojen hyötyjen ja haittojen vertailu on aina kiinnostanut teknokraatteja. Heidän suureksi hämmästykseksään vertailujen sanoma ei vain mene kansalaisten korvien väliin. Mistä johtuu, että riskilaskelmissa turvallisimmaksi ja usein myös taloudelliseksi osoittautuvaan ydinenergiaan tunnetaan vaistonvaraista kammaa? Eräs syy voi olla teknokraattien halussa materialisoida asioita, joilla ei ole hintaa. Keski-Norjan ja Ruotsin poroelinkeinoon Tshernobyl-haitat ovat hyvinvointivaltion keinoin hoidettavissa, mutta ikimuistoisen elämäntavan harjoittamisen estyminen vuosikausiksi ei ole korvattavissa.

Puhtaasti teknologisista lähtökohdista katsoen vaihtoehdot tuottaa energiaa eivät 40—50 vuoden tähtämellä paljon poikkea siitä kirjosta, joka meillä on käytössä nyt. Ympäristönsuojelijana toivoisin kuitenkin olevan mahdollista avata uusien suuntien vakava etsintä. Energiatuotannon jatkuva kasvu ja ympäristönsuojelu ovat pysyvässä ristiriidassa keskenään. Meillä on teknologia ja varaa hoitaa käsissä olevat ympäristöongelmat, varsinkin jos olemassaolevien voimaloiden uudistustahtia nopeutetaan seuraavilla vuosikymmenillä. Kasvihuoneilmiön hoitoon ei teknologiaa ole ja kaa-vaillut lisäykset hiilen käytössä koko maailmassa tehnevät yrityksetkin heikoiksi. Ydinvoiman täysimittakaavaisella hyväksikäytöllä päästään parhaimmillaan 5 % tuotanto-osuuden lisäykseen ensi vuosisadan puoliväliin mennessä.

Tärkein keskustelun kohde tulee olle energiatarpeen kriittinen arviointi ympäristövaikutukset korkealle priorisoiden. Suomessa avausteemaksi ehdotan keskustelua maamme puunjalostusteollisuuden kapasiteetista ja varsinkin sen tuotantotavoista. Metsämiehet puhuvat laajasta siirtymästä mekaanisen massan valmistukseen. Se tietää mahtavaa sähkönkulutuksen kasvua. Alan sisälläkin esiintyy vastustavia ääniä.

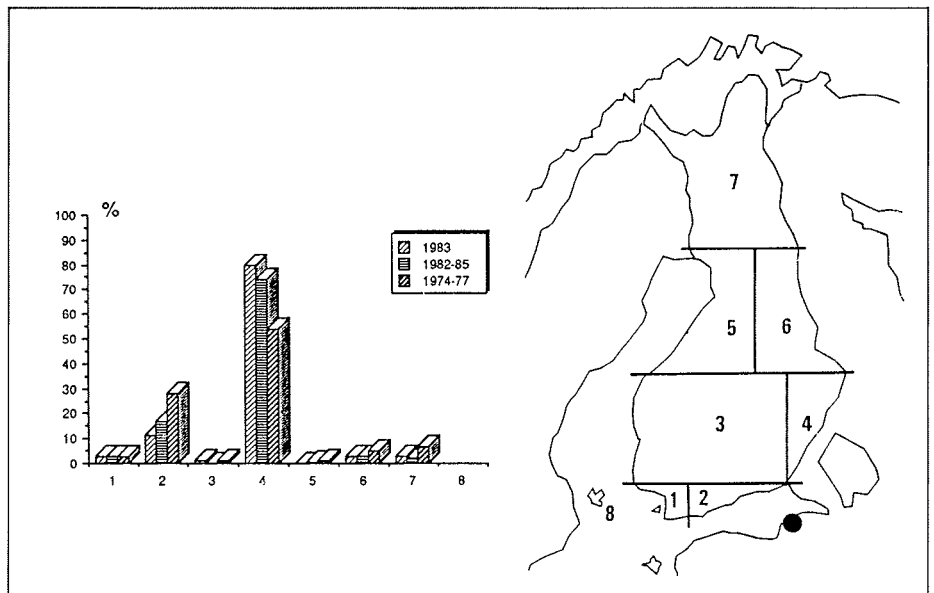
Myös polttoaineiden valinnalla voidaan parantaa ilmakehä-valtamerisysteemin mahdollisuuksia. Jos sama energiamäärä tuotetaan maakaasulla, raskaalla polttoöljyllä tai kivihiilellä, on hiilidioksidin päästöt kuvattavissa lukusarjalla 1:1, 7:2,5. Jos hiilellä lauhdutusvoimalassa tuotettu omakotitalon suoräsähkölämmitys korvataan talossa maakaasulla tuotetulla lämmöllä, putoaa hiilidioksidipäästö neljäsosaan. Sekä metsäteollisuuden että omakotilämmityksen otin esimerkiksi myös sen takia, että niiden huippuenergiatarve on usein samanaikaista. □

# Ulkomaisen ydinvoimalaonnettomuuden arvioidut vaikutukset Suomessa

*Suomen rajojen ulkopuolella tapahtuneeksi oletetusta radioaktiivisuuspäästöstä ei aiheudu välitöntä terveydellistä vaaraa Suomessa. Kuitenkin maaperään laskeutunut radioaktiivinen materiaali voi siirtyä laskeuma-alueella tuotettuihin ravintoaineisiin. Rajoitettaessa ravinnon nautinnasta aiheutuva säteilyannoksia voi tästä seurata suuriakin taloudellisia menetyksiä. Pitkän ajan kuluessa Suomessa kertyvä väestöannos jää jopa ilman vasta-toimenpiteitä huomattavasti pienemmäksi kuin vastaavan pituisena ajanjaksona normaalisti luonnon taustasäteilystä saatu väestöannos.*

Yhteistyössä Ilmatieteen laitoksen ja VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion kanssa on 1980-luvulla kehitetty kaukokulkeutumismalli TRADOS, jolla voidaan eurooppalaiseen säähavaintoaineistoon perustuen laskea ilmapartikkelin rata, trajektorit, ja sen kokemat dispersioolosuhteet leviämisen aikana sekä yksilön ja väestön saamat säteilyannokset eri altistustavoista. Tämän leviämismallin tärkeitä ominaisuuksia ovat mm. tuulikenttien ja vaihtuvien dispersio-olosuhteiden käsittelymahdollisuus (esimerkiksi hetkellinen sade), pilven laajenemisen ja kulumisen mahdollisimman realistinen laskenta, pitkien päästöjen laskentamahdollisuus sekä vuosittaisen trajektoriaiaineiston käsittely todennäköisyyspohjaisesti trajektorien annosvaikutusta kuvaavan indeksiluokituksen avulla.

FT Göran Nordlund on Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatuosaston vs. osastopäällikkö, p. 90-75 811.  
DI Jukka Rossi on VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion turvallisuustekniikan jaoston tutkija, p. 90-648 931.



Kuva 1. Vuosittain Sosnovyj Borista Suomeen tulevien trajektoreiden alueellinen jakauma.

Mallin sovelluksena on nyt valmistunut tarkastelu trajektoreiden kulkeutumista Leningradin läheltä Sosnovyj Borista Suomeen sekä laskettu tänne tulevista trajektoreista aiheutuvia säteilyannoksia olettamalla päästökäsi joko Tshernobylyyppinen päästö tai tätä huomattavasti pienempi LWR-tyyppiselle laitokselle arvioitu päästö. Sosnovyj Borissa sijaitsee neljä RBMK-1000 reaktoria.

Laitosalueelta on noin 140 kilometrin etäisyys Suur-Kotkan alueelle, joten sopivalla tuulensuunnalla ja -nopeudella 10 m/s päästöpilvi saavuttaisi vajaan 50000 asukkaan taajaman 4 tunnissa.

Aiemmin on kattavimmin laskettu leviämistä lähdealueelta sekä edellä mainitun pienemmän päästön Suomessa aiheuttamia annoksia olettaen laitospaikoiksi Pohjois-Saksa tai Itä-Ruotsin Forsmark. Lisäksi oli laskettu kulkeutumistodennäköisyyksiä Suomeen sekä yksittäisten trajektorien aiheuttamia säteilyannoksia olettaen laitospaikoiksi Lounais-Englanti, Itä-Ranska ja Keski-Venäjä.

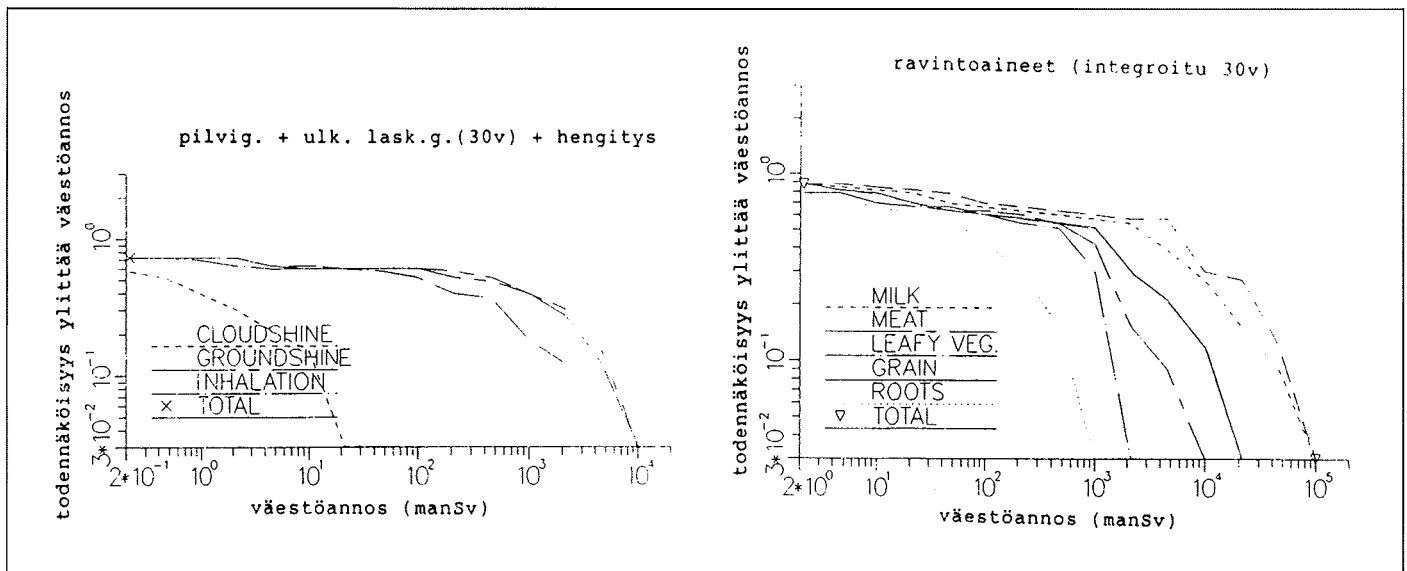
Tshernobylyyppisen päästön suuruutena käytettiin venäläisten ilmoittamia lukuarvoja, kuitenkin eräiden nuklidien osalta hieman muutettuna vastaamaan muualla arvioitua sydäninventaaria. Päästön pitkäkestoa ja suurta alkunousua simuloi-

tiin myös. Pienemmän päästön kohdalla käytettiin samoja oletuksia kuin aikaisemmissa tutkimuksissa.

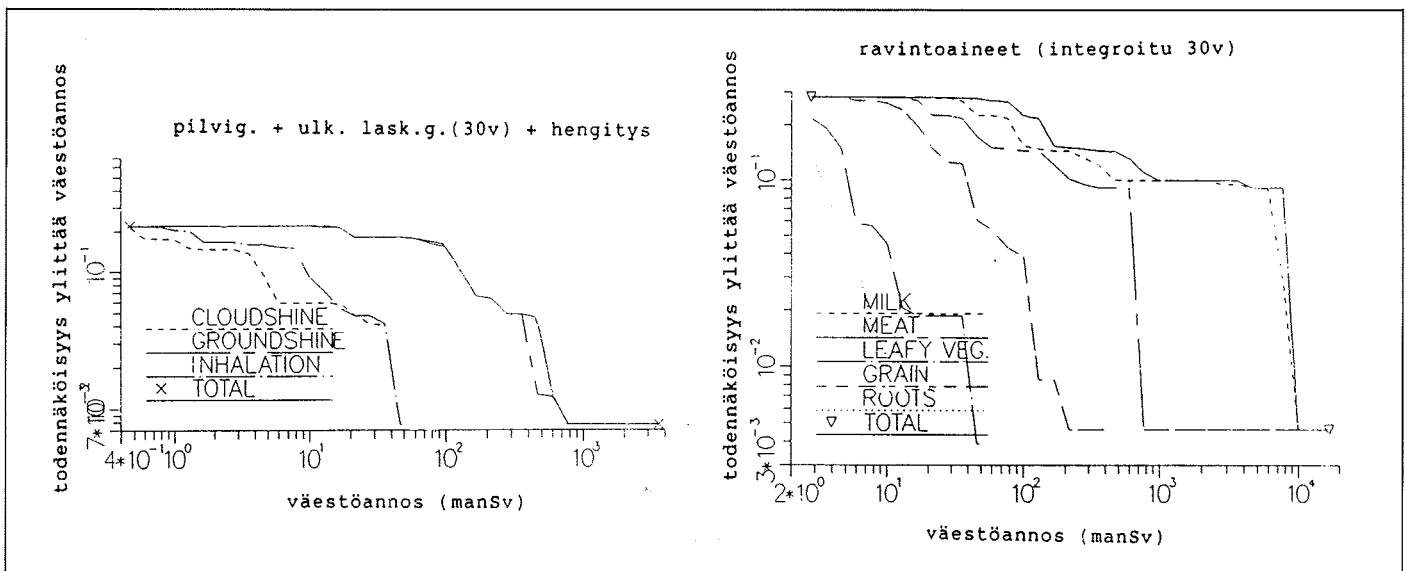
Vuosittain Sosnovyj Borista lähtevistä trajektoreista tulee 20–30 prosenttia Suomeen. Kuvassa 1 on esitetty Suomeen tulevien trajektoreiden alueellinen jakauma.

Suurin osa, 50–80 prosenttia, Suomeen ensimmäisen kerran saapuvista trajektoreista tulee Kaakkois-Suomen kautta ja vasta seuraavaksi suurin osuus, 10–30 prosenttia, suoraan Suomenlahden yli etelärannikon kautta. Aiheutuvien säteilyannosten suuruuteen vaikuttaa voimakkaasti sateen esiintyminen kohdealueella, mikä ilmeni selvästi Tshernobylin päästön yhteydessä. Leviämisen aikana esiintyvä sade voi puhdistaa pilveä merkittävästi jo ennen kohdetta.

Väestöannoksen todennäköisyysjakauman laskemiseksi Tshernobylyyppiselle päästölle suoritettiin kolme eri trajektoripointintaa satunnaislukugeneraattorin avulla, koska päästön pitkän keston takia ei trajektoreiden indeksiluokitusta voida käyttää. Kuvassa 2 on esitetty yhdestä pointinnasta saadusta trajektoriaiaineistosta eri altistusreiteiltä laskettujen 30 vuoden väestöannosten kumulatiiviset todennäköisyysjakaumat.



Kuva 2. Tshernobyl-tyyppiselle päästölle 30 vuoden väestöannosten kumulatiiviset todennäköisyysjakautumat.



Kuva 3. LWR-tyyppipäästöstä aiheutuva väestöannosten todennäköisyysjakauma.

Maidosta aiheutuu suurin annoskomponentti ja odotusarvojen perusteella se aiheuttaa noin 70 prosenttia kokonaisannoksesta ilman vastatoimenpiteitä. Kokonaisuudessaan ravintoaineet aiheuttavat noin 90 prosenttia kokonaisannoksesta. Jos päästö tapahtuu kasvu- ja laidunkaudella, on siitä seurauksena laskeuma-alueella tuotettujen ravintoaineiden saatuminen, mikä johtaa niiden käytön rajoituksiin ja taloudellisiin menetyksiin, koska 5 mSv:n yksilöannosraja ylittyy ensimmäisenä vuonna.

Toisena päästötyyppinä käsitellystä LWR-tyyppipäästöstä Suomessa aiheutuvien väestöannosten todennäköisyysjakaumat on esitetty kuvassa 3.

Nyt on trajektorien poiminnassa hyödynnetty indeksiluokitusta. Väestöannokset jäävät huomattavasti pienemmiksi kuin

edellisestä päästöstä. Kuitenkin yksilöannokset nousevat suuremmiksi, koska lyhyen päästön keston takia pilvi pysyy suhteellisen kapeana ja siten radioaktiivinen materiaali ei leviä laajalle kuten edellä käsitellyssä pitkässä päästössä.

Laskettujen väestöannosten suuruutta voidaan havainnollistaa vertaamalla niitä Suomessa normaalista taustasäteilystä 30 vuodessa kertyvään väestöannokseen. Eri annosreittien yhteenlasketun väestöannoksen odotusarvo on pienemmän päästön osalta alle 0,2 % ja suuremman päästön osalta alle 8 % luonnon taustasäteilyn aiheuttamasta väestöannoksesta. Pahimmissa mahdollisissa lasketuissa tilanteissa vastaavat arvot ovat 5 % ja 50 %.

Verrattaessa pienemmästä päästöstä, Sosnovyj Borista, laskettuja tuloksia laskelmiin, joissa sijoituspaikkana oli Fors-

mark, voidaan havaita, että tapahtuipa päästö kummassa paikassa tahansa, on Suomessa odotettavissa samansuuruinen väestöannos. Forsmarkin ja Suomen välinen pitempi välimatka kumoutuu trajektorien suuremmissa saapumistodennäköisyydessä Suomeen. Pahimmassa leviämistilanteessa aiheuttaisi päästö Forsmarkista hieman suuremman väestöannoksen Suomessa kuin sama päästö Sosnovyj Borista. Tämä tulos johtuu lähinnä väestön alueellisesta jakautumasta Suomessa. □

### Kirjallisuutta:

Nordlund G., Rossi J., Valkama I., Vuori S., Probabilistic trajectory and dose analysis for Finland due to hypothetical radioactive releases at Sosnovyj Bor. Espoo 1988. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tiedotteita 847. 46 s.

# Ydinenergia on kehittyneille maille hyvä energialähde

*Runsaat 400 ydinvoimalaitosta 26 maassa tuottaa nyt 16 % koko maailman sähköstä. OECD -maissa osuus on 22 % ja Euroopan yhteisöjen maissa suorastaan 35 %. Itä-Euroopan maissa käyttöosuus kasvaa voimakkaasti. Suomi on nyt samalla tasolla Euroopan yhteisöjen kanssa. Ydinenergian käyttö säästää tällä hetkellä vuodessa muita energia-varoja 400 miljoonan öljytonnin verran. Tämä vastaa Saudi-Arabian vuotuista tuotantomäärää.*

Näiden lukujen valossa on selvää, että ydinenergialla on jo nyt suuri merkitys maailman energiahuollon turvaamisessa ja hintatason vakauttajana. Energiahuollon toimivuuden merkitystä hyvinvoinnin yleiselle kehitykselle ei juuri kiistetä. Köyhyyden poistaminen kolmannelta maailmasta edellyttää valtavaa kasvua maailmanlaajuisissa energian käytössä.

Jos ydinenergiaan ei haluta tulevaisuudessa turvautua, törmätään todellisiin ongelmiin. Vie vuosikymmeniä kehittää uusia energiantuotantoteknologioita sille tasolle, että ne yltyvät olennaisiin tuotantosuuksiin. Ei ole nähty ristiriidattomia pitkän aikavälin energiaskenaarioita, joissa ydinenergialla ei olisi merkittävää asemaa. Tämän hetken öljyriippuvuudesta päästään eroon vain turvautumalla aluksi suurempaan hiilen ja nykyisentapaisen ydinenergiateknologian käyttöön. Pitkällä aikavälillä on siirryttävä uusiutuviin energialähteisiin ja/tai kehittyneimpiin ydinenergian muotoihin, kuten fuusioenergiaan.

Akateemikko Pekka Jauho toimi atomienergieneuvottelukunnan puheenjohtajana 1982—1988, p. 90-451 2882.

## Ydinenergia sopii parhaiten pitkälle kehittyneille maille

Ydinenergiateknologian menestyksellinen käyttö edellyttää vahvoja henkisiä ja taloudellisia voimavaroja, toimivaa kansallista perusrakennetta ja koeteltua teollista valmiutta. Näin ollen se sopii parhaiten teknillisesti kehittyneisiin ja varakkaisiin maihin. Kansainvälisen yhteisvastuun nimissä tällaisten maiden tulisi pyrkiä rajoittamaan helpoimmin käytettävissä olevien energialähteiden kulutusta, mikä auttaisi kehitysmaiden — köyhimpienkin — energianhankintaa sekä antaisi niille mahdollisuuksia korvata polttopuita muilla polttoaineilla ja siten säästää pahasti uhanalaisia maapallon metsiä.

## Ydinenergian käyttö tarjoaa ympäristönsuojelullisia etuja

Ydinenergian käyttö on avustanut vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä aiheutuvaa rikki- ja typpiyhdisteiden päästöä, jonka aiheuttamat ympäristövauriot tulevat yhä ilmeisemmiksi. Ydinenergia ei myöskään tuota ilmakehään hiilidioksidia, joka voi pitkällä aikavälillä aiheuttaa arvaamattomia ilmastollisia muutoksia ja asettaa lopullisen rajan fossiilisten polttoaineiden käytölle maapallolla.

Rikki- ja typpipäästöjen suhteen olemme Suomessa olennaisesti riippuvia tapahtumista muualla Euroopassa. Länsi- ja Itä-Euroopan maiden äkillinen luopuminen ydinenergian käytöstä lisäisi happaman laskeuman määrää Suomessa 20—30 %. Ydinenergian laaja käyttö Euroopassa yhdessä sovitujen päästöjen alentamisohjelmien kanssa voi säästää meidät siltä, että ympäristövahingot laajenevat olennaisesti nykyisestäään.

Ydinjätteiden huolto on hoidettu paremmin kuin monien muiden teollisuustuotannon ja muista nykyaikaisesta elämäntavasta koituvien vaarallisten — osittain ikuisten — jätteiden huolto. Ydinvoimalaitosten käytöstä ja purkamisesta syntyvien jätteiden käsittely on käytännössä kokeiltua tekniikkaa. Käytetystä ydinpolttoaineesta syntyvän korkea-aktiivisen ja osittain pitkäikäisen jätteen käsittelyistä ja lopullisesta sijoituksesta maaperään on jo niin vakuuttavat tutkimustulokset, että aiheutuva riski on osoitettavissa hyvin vähäiseksi — monenlaiset yllättävät luonnonilmiötkin huomioon ottaen.

## Kaupallisen ydinenergian turvallisuustilasto on hyvä

Tähän mennessä on koettu vain yksi ympäristön kannalta vakava reaktorionnettomuus, Tshernobyl huhtikuussa 1986. Tämän onnettomuuden teki mahdolliseksi hyvin erikoislaatuinen reaktori, jonka suunnittelussa ei oltu otettu huomioon yleisesti hyväksytyjä ja useimmilla muilla reaktoreilla noudatettuja turvallisuusperiaatteita.

Kaikki 31 Tshernobylissä menehtynyttä olivat laitoksen henkilökuntaa tai pelastustoimintaan osallistuneita. Onnettomuuden havaittavat terveydelliset seuraukset eivät selvästikään ole ainutlaatuisen suuret, jos niitä verrataan vaikkapa erilaisiin suurilla prosessiteollisuuslaitoksilla tapahtuneisiin onnettomuuksiin, patomurtumiin tai lento-onnettomuuksiin, saati sitten joihinkin luonnononnettomuuksiin.

Tshernobylin onnettomuudesta saatu yleisluonteinen oppi mm. inhimillisen tekijän osuudesta käytetään täysimääräisesti hyväksi esim. koulutustapojen kehittämisessä sekä tulevan tutkimuksen kohdistamisessa. Selvä on, että Tshernobyl on nostanut entisestäänkin ydinenergian turvallisuudelle asetettavaa vaatimustasoa.

## Ydinenergia sopii osaksi Suomen energiahuoltoa

Ydinenergia on tarpeellinen osa Suomen energiahuollosta. Suomen teollisuuden kansainvälinen kilpailukyky riippuu olennaisesti energian hinnasta ja meillä on vain niukasti käytettävissä kotimaisia energialähteitä. Ydinenergian tuotantokustannukset on Suomessa saatu hyvin kilpailukykyisiksi. Ydinsähkön tuotannossa on kotimaisen panoksen osuus yli puolet, kun mukaan sisällytetään polttoainehuollon lisäksi myös rakentamisvaiheen ja käytön kustannukset.

Energiapolitiikkamme yksi kulmakivi on energiahuollon varmuuden turvaaminen nojautumalla useihin merkittäviin energialähteisiin. Ydinvoimalaitoksilla on merkitystä myös kriisivalmiuden kannalta, sillä niillä on koko ajan varastossa polttoainetta 2—3 vuoden tarpeisiin.

## Suomessa on ydinenergian menestykselliseksi hyödyntämiseksi tarvittavat teknilliset ja inhimilliset edellytykset

Ydinenergian tuotanto on tähän asti sujunut Suomessa hyvin. Laitosten käyttövarmuus on ollut maailman kärkitasoa eikä merkittäviä turvallisuusongelmia ole esiintynyt. Hyvien tulosten taustalla on monia tekijöitä. Yksi on epäilemättä jo se, että aikanaan Suomessa lähdettiin ydinenergian käyttöön vasta huolellisen harkinnan ja valmistelujen jälkeen. Muita ovat varmaankin tiukat turvallisuusvaatimukset ja niiden toteutumisen tinkimätön valvonta, johon kuuluu myös avoin tiedottaminen; voimayhtiöille osoitettu ja kamaton vastuu laitosten käytöstä, johon

sisältyy myös teknillinen ja taloudellinen varautuminen ydinjätehuollon kaikkien vaiheiden toteutukseen jo laitosten käyttööntöajan aikana; sekä alalla toimivien korkeaa pätevyys ja sen varmistaminen jatkuvalla täydennyskoulutuksella. Tarvittavan osaamisen saavuttamisessa on tärkeää ollut myös monipuolinen osallistuminen kansainväliseen tutkimus-, kehitys- ja tietojenvaihtoyhteistyöhön.

## Neuvottelukunnat — yhteistyötä ja asiantuntemusta

Koulutus-, tutkimus- ja yhteistyöasiat olivat juuri kautensa päättäneen atomienergieneuvottelukunnan tärkeimpiä toiminta-kohteita ja samat aiheet on esitetty keskeisiksi myös nyt uuden ydinenergiain

myötä työnsä aloittaneelle ydinenergieneuvottelukunnalle.

Halua ydinenergian turvallisen käytön varmistamiseen osoittaa osaltaan se, että uusi laki tuo säteilyturvakeskuksen yhteyteen erillisen ydinturvallisuusneuvottelukunnan. Se voi vahvennetuin voimavaroin jatkaa atomienergieneuvottelukunnan ja säteilysuojausasiain neuvottelukunnan yhteisenä jaostona toimineen atomiasiain turvallisuustoimikunnan työtä.

Uusille neuvottelukunnille tulee antaa selkäläiset toimintaedellytykset, että ne voivat monipuolisesti avustaa viranomaisia tulevaisuudessakin. Kaikki saatavissa oleva asiantuntemus kannattaa käyttää hyväksi. □

Heikki Niininen, IVO

# Energiariskien vertailu — pulmana tietopohja ja yhteismitattomuus

*Energiakeskustelussa keskeiseksi kysymykseksi ovat nousseet ympäristövaikutukset ja -riskit. Metodikkaa eri energialähteiden riskien vertailuun on kehitetty 10—15 vuoden ajan. Alkuinnostuksen jälkeen on riski-vertailuissa viime vuosina ajaututtu pysähtyneeseen tilaan. On havaittu, että perustiedot energialähteiden ympäristövaikutuksista ovat hatarat. Ongelmana on myös erityyppisten riskien yhteismitattomuus.*

Kun ydinvoiman riskeistä oli tehty 70-luvun puolen välin tienoilla laajoja tutkimuksia eri maissa, alkoi viritä keskustelua myös muiden energialähteiden riskeistä. Muutama vuosi 70- ja 80-lukujen taitteen ympärillä olikin riskivertailujen kulta-aikaa; uusia tutkimuksia eri energialähteiden riskeistä ilmestyi kuin sieniä sateella, teemasta järjestettiin useita kansainvälisiä kokouksia ja keskustelu kävi vilkkaana.

Viime vuosina rintamalla on ollut hiljaisempaa. Kysymyksessä on kuitenkin mitä ilmeisimmin hengähdystauko eikä totaalinen sammuaminen, sillä useissa maissa energiatulevaisuuden hahmottaminen ja energiapäätökset edellyttävät riskivertailujen uudelleen käynnistämistä. Hyviä esimerkkejä tässä suhteessa ovat naapurukset Suomi ja Ruotsi. Meillä viime vuoden alussa asetettu Energiakomitea selvittää nimenomaan ”eri energiamuotojen yhteiskunnallisia vaikutuksia, mukaan lu-

kien niiden terveys- ja ympäristöriskit”. Ruotsissa taas pohdinnan kohteena on ydinvoiman korvaaminen muilla energialähteillä.

Mikä on tähän mennessä tehtyjen riskivertailujen sanoma ja niiden antama viisaus? Se voidaan mielestäni pelkistää seuraavasti:

**Kaikkiin energialähteisiin liittyy omat riskinsä.** Tämä tulos on yksinkertaisuudessaan samaa luokkaa kuin Juice Leskisen riskifilosofointi ”ei elämästä selviä hengissä”. Silti tuloksella on käyttöä, sillä uskomus riskivapaiden energialähteiden olemassaolosta elää sitkeästi.

**Riskivertailuilta ei pidä odottaa liikaa.** Eri tyyppisten energiariskien moninaisuudesta ja yhteismitattomuudesta seuraa se, että riskivertailuilla pystytään käsittelemään vain riskikentän osa-alueita. Pisimmälle on päästy työ- ja ympäristöoperäisten terveysriskien arvioinnissa. Mutta kuten hyvin tiedetään, energiahuollon keskeisiä riskikohtia on aivan muuntotyypissä kysymyksissä, esimerkiksi luonto- ja ilmastovaikutuksissa. Näiden suhteen riskianalyysi on ainakin toistaiseksi voimaton.

Terveysriskien käsittelyynkin liittyy kossolti pulmia. Vain säteilyn ja eräiden syöpä synnyttävien orgaanisten aineiden terveysvaikutuksista matalilla pitoisuuksilla on yleisesti hyväksyttyjä malleja. Kuitenkin esimerkiksi polttoaineiden käytöstä ilmaan joutuu satamäärin erilaisia kemiallisia yhdisteitä. Näiden kohdalla on riskivertailuissa käytetty mitä erilaisimmilla perusteluilla lepäviä malleja, joiden ainoa yhteinen piirre ilmeisesti on se, että ne ovat epäluotettavia. Lineaari-

sen vaikutusmallin piirtäminen Lontoon ilmansaaste-episodien perusteella tuntuu hieman rohkealta tieteenteolta. **Riskivertailujen luotettavuuden lisääminen edellyttäisikin tuntuvasti parempia vaikutustietoja ja -malleja erityisesti alhaisilla altistustasoilla.**

Työperäisistä terveysriskeistä tietous on luotettavammalla tasolla, sillä riskikuvaa dominoivat tapaturmat ja näistä on käytettävissä melko hyvää tilastoaineistoa.

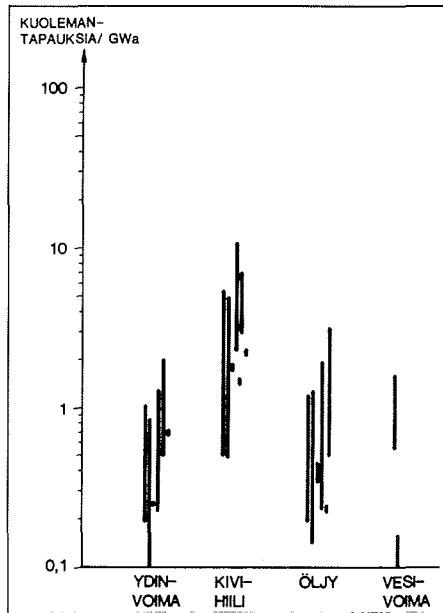
Kaikista edellä mainituista epävarmuustekijöistä huolimatta energiariskejä vertailevia tutkimuksia on tehty tukuttain. Kuviin 1 ja 2 on poimittu eräiden terveysvaikutuksia käsittelevien tutkimusten tuloksia. Kuvien tarkoitus on ainoastaan osoittaa, miten laajalla alueella eri arvioiden lopputulokset liikkuvat, joten referoitujen tutkimusten yksilöiminen ei ole tarpeen. Sen verran kannattanee kuitenkin todeta, että mukana poiminnassa olivat riskivertailujen klassikot: Inhaber, Holdren, Comar, Sagan, Ferguson, Hamilton jne.

Kuvista käy ilmi, että riskivertailuista on löydettävissä perusteluja — jos niin halutaan — lähes kaikenlaisille väittämille eri energialähteiden paremmuudesta tai huonommuudesta. Keskimäärin näyttää kuitenkin siltä, että esimerkiksi **ydinvoima on menestynyt terveysriskivertailuissa melko hyvin.**

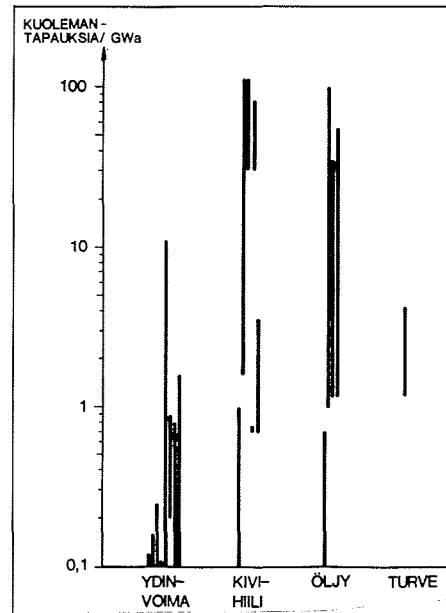
DI Heikki Niininen on Imatran Voima Oy:n ympäristösuojelupäällikkö, p. 53 011.

Mikä on riskivertailujen tulevaisuus? Mielestäni kvantitatiivisia riskivertailuja olisi jatkettava pureutumalla niihin suppeisiin osa-alueisiin, joilla tietopohja on riittävä tai ainakin kohtuullinen. Tämän-suuntaisesta etenemisestä on tuore esimerkkikin. Kansanterveyslaitoksen Tuomisto ja Jantunen julkaisivat äskettäin mielenkiintoisen selvityksen radioaktiivisten päästöjen ja polttoaineiden käytön karsinogeenipäästöjen syöpäpotentiaaleista (A Simple Way of Comparing Carcinogenic Effects of Chemical and Radioactive Emissions, 1987). Kun eri energialähteitä tällä tavalla käydään läpi tietopohjan koko ajan kasvaessa, niin ehkä 10 vuoden päästä olemme tilanteessa, jossa kuvien 1 ja 2 sijaan voidaan tarkastella todistusvoimaisempaa materiaalia.

Toinen riskivertailujen kehityssuunta, jossa toivoisi tapahtuvan edistystä, on erityyppisten riskien yhteismitallistaminen. Toive on ehkä utopistinen, mutta jollakin tavalla olisi saatava nykyistä yhteismitallisempi kuva niistä riskeistä, jotka liittyvät toisaalta terveyteen ja toisaalta luonto- ja ilmastovaikutuksiin □



Kuva 1. Ammatilliset terveysriskit eräiden tutkimusten tulosten mukaan. Riskiarvio koko polttoainekierrolle. Pystyviiva kuvaa kunkin tutkimuksen tulosten vaihteluväliä.



Kuva 2. Ympäristölliset terveysriskit eräiden tutkimusten tulosten mukaan. Riskiarvio koko polttoainekierrolle. Pystyviiva kuvaa kunkin tutkimuksen tulosten vaihteluväliä.

Riitta Korhonen, VTT

## Ympäristökulkeutumismallien arvioiminen mittaustulosten pohjalta

*Ympäristökulkeutumismallien kehittämisen keskeinen edellytys on, että mallilaskuja voidaan verrata mittaustuloksiin. Toisaalta mallilaskut myös auttavat mittaustulosten tulkitsemisessä; laskennan avulla voidaan analysoida komponentteja, joita ei mittaustuloksista voida suoraan erottaa. Tshernobylin onnettomuuden jälkeen on VTT:n DETRA-mallia sovellettu sekä kansainvälisesti määriteltyihin että suomalaisiin laskeuman kulkeutumisskenaarioihin. Tavoitteena on ollut näiden skenaarioiden mittauspohjien avulla varmentaa kulkeutumismallien keskeisimmät piirteet.*

Ydinenergian tuotannon ympäristövaikutuksia ennustetaan useissa tilanteissa tietokonemallien avulla. Malleilla on mahdollista arvioida nopeasti erilaisten radioaktiivisten päästöjen kulkeutumista ja vaikutuksia ihmisiin. Malleja on tarpeen kehittää kuvaamaan riittävän hyvin tarkasteltavaa tilannetta. Tarvitaan kyseinen ympäristönkuvaus ja toiseksi myös kokeellista tietoa radionuklidien tai analogia-aineiden käyttäytymisestä vastaavissa olosuhteissa.

### Voidaanko laskennallisia syöpätapauksia mitenkään todentaa?

Mallilaskujen tuloksina halutaan usein tietää ihmisille aiheutuva riski, esim. tarkasteltavasta toiminnasta aiheutuva syöpätapausten odotusarvo tai syöpätapausten suhteellinen lisääntymisnopeus. Tshernobylin onnettomuuden seurauksena on laskettu /1/ kaikenkaikkiaan aiheutuvan noin 30.000 kuolemaan johtavaa syöpätapausta. Tästä aiheutuu kuitenkin vain pienempi kuin 0,01 % lisäksi syöpätapausten vuotuisen määrään pohjoisella pallonpuoliskolla. Tätä ei ole

mahdollista todentaa. Tshernobylin laskeumasta aiheutunut radionuklidien pitoisuuskomponentti eri ympäristöissä on sen sijaan useimmiten erotettavissa muista ympäristön pitoisuuksista. Tätä komponenttia voidaan käyttää ympäristökulkeutumismallien varmentamiseen. Tästä voidaan edelleen varmentaa eri kulkeutumistilanteiden ja aikatekijöiden merkitys annosvaikutuksiin, mikä on tärkeää esim. erilaisten vastatoimenpiteiden suunnittelun kannalta.

TkL Riitta Korhonen on VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion turvallisuustekniikan jaoston tutkija, p. 648 931.



## Tshernobylin laskeuman käyttökelppoisuus mallien arvioinnissa

Tshernobylin laskeuma soveltuu monessa suhteessa hyvin mallien arviointitarkoituksiin: 1) laskeuma usein erottuu hyvin aiemmista laskeumista, 2) laskeuman hetkellisyydestä johtuen dynamiikka tulee hyvin esiin, 3) ajankohdasta johtuen eri kasvukaudet ovat maailmanlaajuisesti hyvin edustettuina. Haittana on että onnettomuuden jälkeen ehdittiin menettää paljon mallien todentamisen kannalta arvokkaita mittausmahdollisuuksia.

Tshernobylin onnettomuuden tapahtuessa oli parhaillaan käynnistynyt kansainvälinen BIOMOVs-projekti (BIOSpheric MOdel Validation Study), jossa VTT oli mukana.

Projektin tavoitteina ovat:

- ympäristökulkeutumismallien testaaminen riippumattomien mittausaineistojen avulla
- pelkästään mallien vertailu, mikäli sopivaa mittausaineistoa ei ole saatavilla
- suositusten antaminen mallien kuvauksen parantamiseksi.

BIOMOVs on ensimmäinen kansainvälisessä yhteistyössä tehtävä projekti seuraavissa kolmessa kohdassa:

- biosfäärimallien testaus
- tulosten epävarmuuden tarkastelut
- Tshernobylin ympäristömittausaineiston hyödyntäminen.

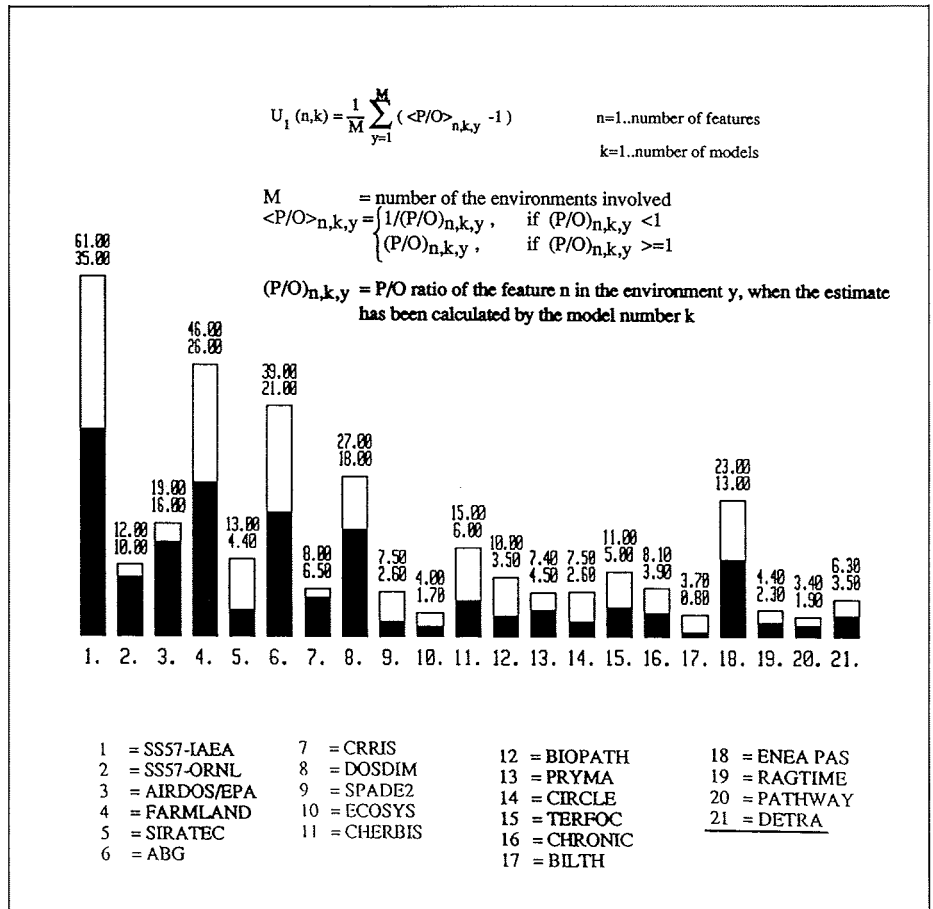
Projektissa oli laskettu keväeseen 1986 mennessä joitain skenaarioita, joiden pohjalta tehtiin mallivertailuja. Projektin pääpainon oli tarkoitus olla mittauspohjaisten skenaarioiden lakennassa ja niiden pohjalta tapahtuvassa mallilaskennan kehittämisessä. Projekti saattoi siten ruveta hyödyntämään Tshernobylin laskeuman mittausaineistoa tavoitteidensa saavuttamiseksi.

BIOMOVs-projektin skenaarioiden lisäksi on VTT:n tavoitteena ollut laskea tyyppisiä suomalaisia kulkeutumisympäristöjä. On pyritty valitsemaan vaikutusten kannalta tärkeitä ympäristöjä, joilta on olemassa tai tulossa mittausaineistoa mallilaskujen kehittämistä varten.

## Eri kulkeutumisympäristöjen merkitys

Toistaiseksi on BIOMOVs-projektissa määritelty viljelysympäristön skenaario ja järviskenario. Kumpikin skenaario koostuu useista eri puolilla maailmaa määritellyistä mittausympäristöistä. Laskentavaiheessa skenaarioista annetaan vain tarvittavat lähtötiedot ja vasta lopullisia tuloksia verrataan tulosluonteisiin mittaus-tietoihin.

Viljelyskenaarioissa lasketaan laidun-tamistilanteesta aiheutuvat maidon ja naudanlihan pitoisuudet sekä viljan pitoisuus. Tarkasteltavat nuklidit ovat I-131 ja Cs-137. Lähtökohtana ovat annetut ilman pitoisuudet.



Kuva 1. BIOMOVs-skenaarioiden laskenta- ja mittaus tulosten vertaaminen indeksin  $U_i$  avulla; nuklidit I-131, n = maidon pitoisuuden aikaintegraali /3/.

Järviskenarioissa lasketaan valuma-alueen annetusta laskeumatilanteesta lähien järven, sedimentin ja kalojen pitoisuuksien aikakäyttäytyminen.

BIOMOVs-skenaarioita täydentävässä kulkeutumislaskennassa keskeinen tavoite on ollut kehittää vesistökulkeutumisen laskenta. Suomen vesistöt ovat laajoja ja suhteellisen matalia, minkä vuoksi ne voivat olla merkittäviä kulkeutumisympäristöjä. Liukoiset aineet voivat kulkeutua niiden kautta valtaosin mereen, kun taas niukkaliukoiset voivat rikastua voimakkaasti sedimenttiin ja kalaan.

Maaperäympäristön ravintoainepitoisuudet laskevat useimmiten melko nopeasti laskeumatilanteen jälkeen, kun taas kaloissa voi pitoisuuksien kohoaminen jatkua jopa useita vuosia. Toisaalta maaperäympäristö on usein merkittävämpi kokonaisaltistuksen kannalta suuremman ravinnontuotantomäärän vuoksi.

## DETRA-malli

Tietokone-malli DETRA on kehitetty VTT:n ydinvoimatekniikan laboratoriossa alunperin ydinjätteen loppusijoituksen ympäristövaikutusten laskentaa varten /2/. Malli on kuitenkin joustavasti sovellettavissa erilaisten radioaktiivisten ja myös stabiilien aineiden kulkeutumisen laskentaan, kunhan vain kompartmentti eli allasmallin lähestymistapa on sovellettavissa kyseisen tilanteen kuvaamiseen.

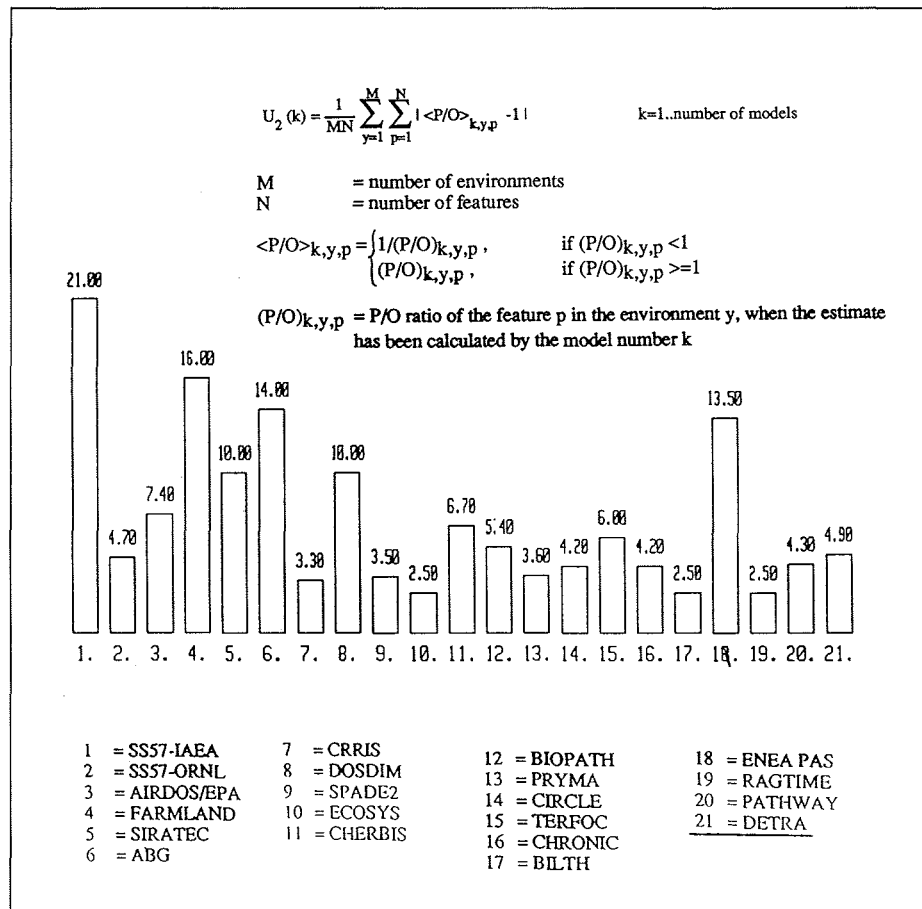
Mallissa aineen oletetaan olevan ja kautuneena aina kussakin kompartmentissa ja siirtymisen kompartmentista toiseen tapahtuvan joko vedenvirtauksen tai kiintoainevirtauksen mukana.

Koska malli soveltuu hyvin monenlaisten päästötilanteiden kulkeutumisen laskentaan ja mallin skenaariot ja parametrit ovat helposti määriteltävissä tilanteen mukaan, on VTT:ssä sovellettu DETRA-mallia erilaisiin validointitarkoituksiin.

Ensin on tarpeen määrittää tarkastelutilanteen ympäristökuvaus (kompartmenttirakenne) ja sen parametrit. Myös hyvin puutteellisilla lähtötiedoilla laskemisen voi edistää mallinnusta ratkaisevasti: päästään analysoimaan eri tekijöiden vaikutuksia ja vertaamaan mittaus tilanteeseen.

## Maasta ravintoon

Määritellyssä Tshernobylin laskeuman mittausaineistoon pohjautuvassa BIOMOVs-skenaariossa lasketaan annetuista ilman radioaktiivisuus pitoisuuksista lähtien annettuja ympäristönkuvauksia ja sovellettuja ruokinta- ym. toimenpiteitä hyväksikäyttäen radioaktiivisten aineiden kulkeutuminen ravintoon. Mittausaineistot ovat kolmelta toista paikalta eri puolilta maapalloa. Mukana on yksi suomalainen Säteilyturvakeskuksen toimittama mittausaineisto.



Kuva 2. BIOMOVs-skenaariolaskenta- ja mittaustulosten vertaaminen indeksin U<sub>2</sub> avulla; nuklidit I-131, maidon pitoisuuden välitulospäihteet /3/.

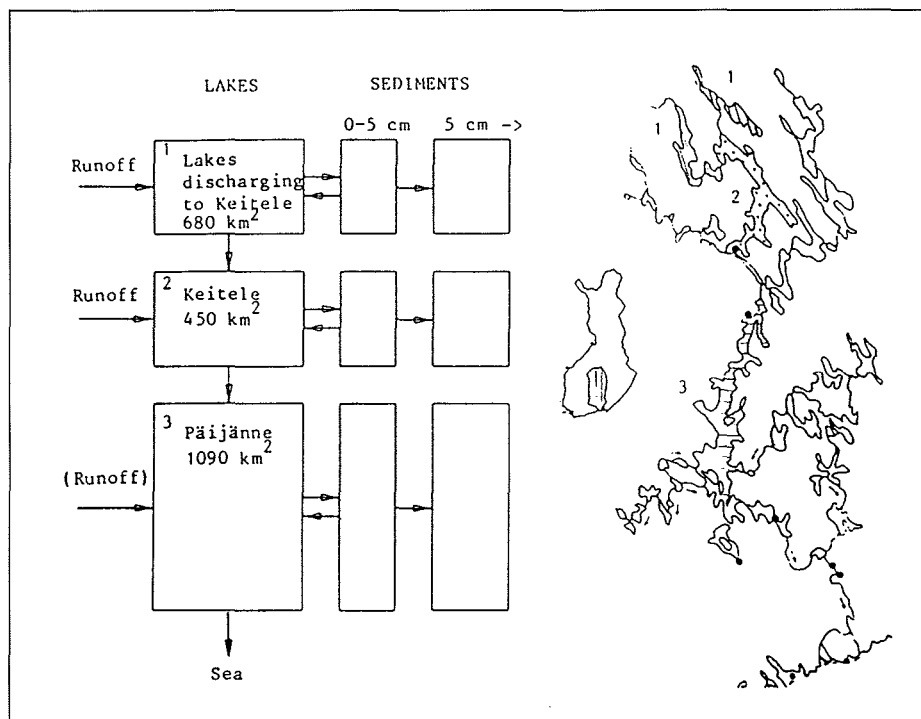
Kaikkiaan noin kaksikymmentä mallia on osallistunut skenaarion laskentaan. Vaikka käsittelyssä on toistaiseksi rajoitettu pelkkien aikaintegraalien analyysiin, on tulosaineiston käsittely ollut melko työlästä. DETRA-mallin tuloksia on analysoitu alustavasti BIOMOVs-projektin tulosanalyysin ollessa vielä kesken /3/.

Kuvassa 1 on esitetty eri malleilla lasketujen nuklidin I-131 maidon pitoisuuden aikaintegraalien ja mittaustulosten osuutta (indeksi U<sub>1</sub>). Kuvattu mallin "onnistumis-indeksi" on mittaustaikkojen ali- tai yliarvioiden keskiarvo. Käytetyssä indeksissä painottuu siten esim. mittaustuloksiin nähden viisinkertainen laskenta-arvo yhtäsuurena kuin mittaustuloksiin nähden viidesosan laskenta-arvo. Ylempi lukuarvo (valkoinen pylväs) kuvaa kaikkien mittaustaikkojen keskiarvoa. Kuvassa 2 on esitetty eri välivaiheiden onnistumista nuklidin I-131 tapauksessa (indeksi U<sub>2</sub>) niiden eri piirteiden osalta, joista on ollut mittaustuloksia.

Mallit ovat useimmiten yliarvioineet radionuklidien kulkeutumista ravintoon. Tyypillisesti on havaittavissa myös aliarvioiden osuvan systemaattisesti joillekin mittaustaikoille. Mittaustulosten saataavuus laskennan eri välivaiheista (indeksi U<sub>2</sub>, kuva 2) on tärkeää, lopputuloksen oikeaanosuvuushan voi olla systemaattisen yli- ja aliarvioinnin kompensoitumisen tulos.

### Vesistökulkeutuminen

Tshernobylin laskeuman mittauksia soveltavassa BIOMOVs-skenaariossa lasketaan nuklidin Cs-137 kulkeutuminen eri kalalajeihin. Skenaarion laskentaa varten on



Kuva 3. Keiteleen valuma-alueen kompartmenttimalli.

VTT:ssa kehitetty dynaaminen kalamalli. Mallin kehityksessä on hyödynnetty pomikolaelaskeuman mittaustuloksia. Skenaarion tulostenkäsittely on juuri alkamassa.

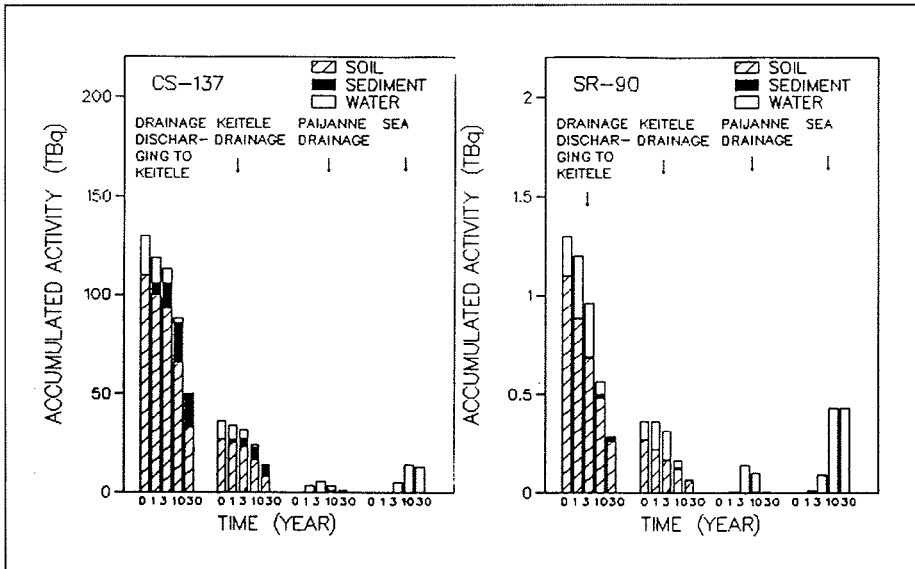
Kuvassa 3 on esitetty kehitetty Kymijoen vesistöalueen kulkeutumismalli /4/. Malliin on lisäksi kytketty maaperän valumamalli. Mallissa on kuvattu yksityiskohtaisesti vain yksi yläjuoksuun reitti. Muut Päijänteeseen laskevat reitit on oletettu samankaltaisiksi tämän Keiteleen ja sen yläjuoksuun sisältävän reitin kanssa. Lähetermit on laskettu Säteilysurvakeskuksen laskeumamittausten pohjalta.

Tulokset on pyritty esittämään siten, että radionuklidien ajallinen ja alueellinen jakautuminen samoin kuin maaperän, järveden ja sedimentin osuudet käyvät selvästi ilmi. Kuvassa 4 on tulos esimerkki tarkastellun Päijänteen yläjuoksuun vesistöalueen laskeuman kulkeutumisesta. Malli on tarkoitettu kehittää edelleen Tshernobylin laskeuman mittaustulosten pohjalta.

### Arvioinnin tulokset

Tshernobylin laskeuman jälkeinen tilanne on antanut monenlaisia mahdollisuuksia ympäristökulkeutumislaskennan kehittämiseksi. Kansainvälinen BIOMOVs-projekti on pyrkinyt hyödyntämään tilannetta määrittämällä osanottajien laskettaviksi keskeisimpiä kulkeutumistilanteita. DETRA-mallilla on lisäksi laskettu suomalainen vesistökulkeutumistapa.

On voitu paikallistaa mallilaskennan tärkeimpiä eroavuuksia mittaustuloksiin nähden. Samalla on myös voitu verrata DETRA-mallin tuloksia muiden mallien tuloksiin. Tshernobylin laskeuman käyt-



Kuva 4. Laskentatulokset Keiteleen valuma-alueelle tulleen Tshernobylin laskeuman kulkeutumisesta.

täytymisen erot aiempaan pommikoelaskuumaan nähden ovat myös tulleet esiin.

Toistaiseksi on voitu todeta DETRA-mallin soveltuvan varsin hyvin esille tulleiden erilaisten radioaktiivisten aineiden kulkeutumisen kuvaamiseen. □

### Lähdeluettelo

1. Health and environmental consequences of the Chernobyl nuclear power plant accident. DOE/ER-0332. Washington, June 1987.
2. Korhonen, R., Savolainen, I., Radionuklidien biosfäärissä tapahtuvan kulkeutumisen kuvaaminen kompartmenttimallilla ja ihmisille aiheutuvien säteilyannosten arviointi. VTT, Tutkimuksia 323. Espoo 1984.
3. Kaisla, T., DETRA-ympäristökulkeutumismallin arviointi Tshernobylin onnettomuuden laskeuma-aineiston pohjalta. Erikoistyö, TKK, 1988.
4. Korhonen, R., Vuori, S., Biosphere model validation by intercomparison to observed behaviour of fallout radionuclides in the aquatic environment. Esitelmä CEC:n seminaarissa "methods of assessing the reliability of environmental transfer model predictions", Ateena 5-9.10.1987.

Ari Karppinen, Ympäristöministeriö

## Happamoitumisprojekti — ilmansuojelua ja tutkimusta

**Suomeen perustettiin vuonna 1985 viisivuotinen happamoitumistutkimus (HAPRO), jonka tarkoituksena on tutkia ilman epäpuhtauksiin liittyviä syy-seuraus kysymyksiä. Projekti on tieteellinen tutkimushanke, joka selvittää ilmansuojelutoimenpiteiden perusteita. Siinä tutkitaan ilman epäpuhtauksien aiheuttamia mahdollisia haitallisia vaikutuksia erityisesti metsä- ja vesistöalueilla.**

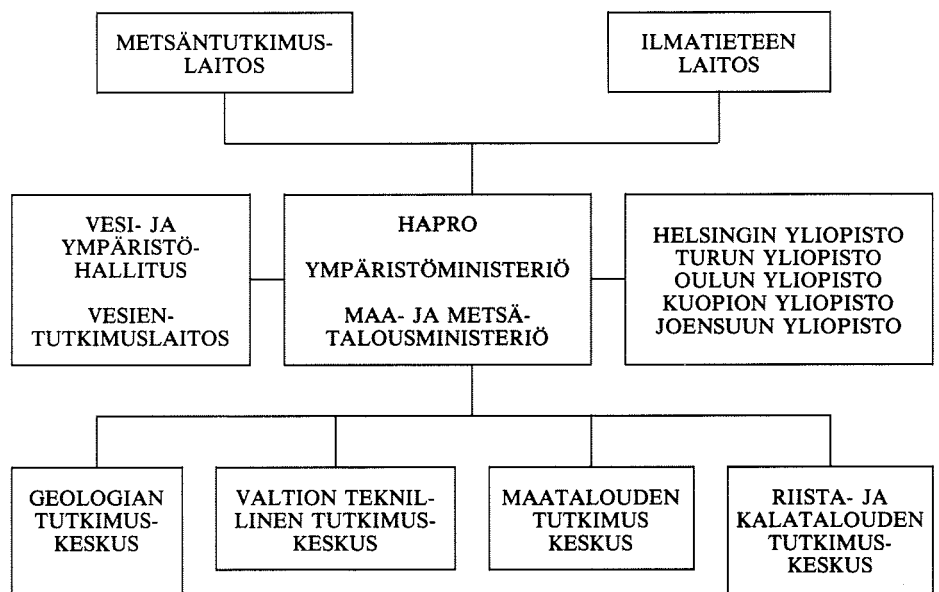
Kaukokulkeutuminen levittää ilman epäpuhtaudet maasta toiseen, joten ilman laadun parantaminen vaatii valtioiden yhteisiä toimenpiteitä. Euroopan maiden kesken neuvotellaan jatkuvasti päästöjen vähentämisestä. Neuvotteluissa tarvitaan runsaasti perusaineistoa ja asiantietoa, jota happamoitumisprojekti omalta osaltaan tuottaa. Tutkimusta on viime vuosina muissakin Euroopan ja Pohjois-Amerikan maissa tehostettu samalla ta-

valla. Sekä läntisissä teollisuusmaissa että sosialistisissa maissa alan tutkimustoiminta on erittäin vilkasta.

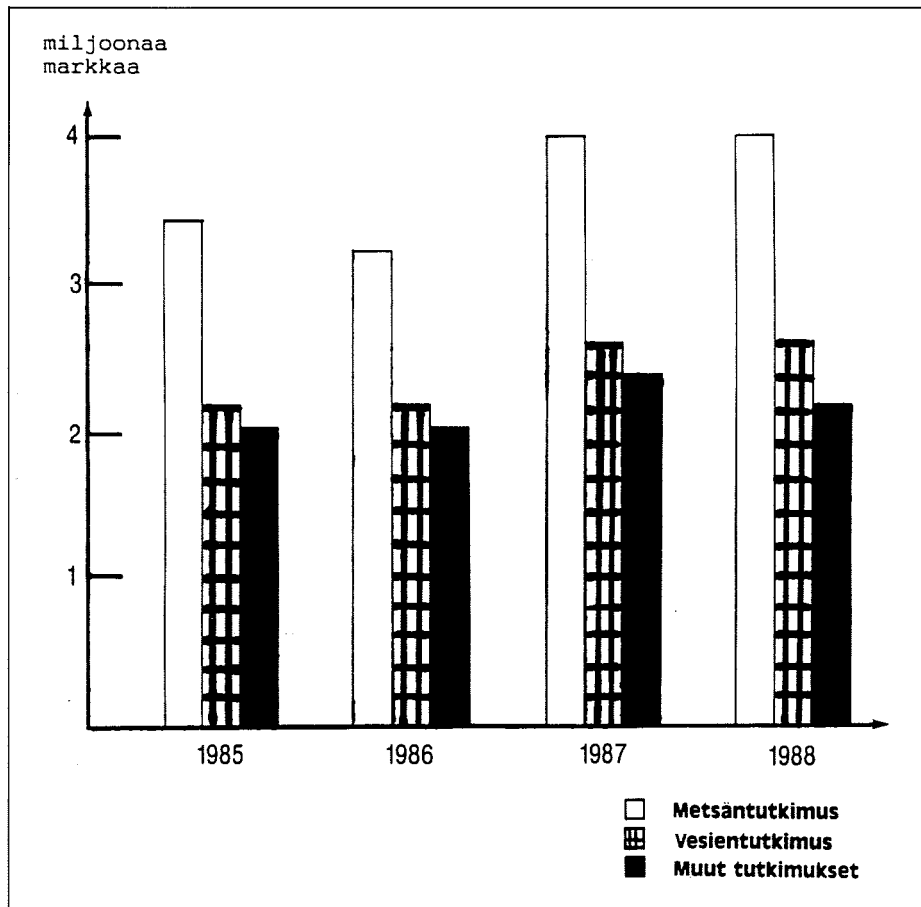
Ilmansuojelun tavoitteena ei ole pyrkiä täydellisen puhtaaseen ja luonnonmukaiseen ilmaan vaan turvata hengitysilman laatu sekä metsien, vesien ja muiden ympäristökohteiden häiriötön elämä. Päästöjä vähentämällä tulisi päästä tilanteeseen, jossa ilman epäpuhtauksista aiheutuvat tappiot ovat pienemmät kuin päästöjä aiheuttavan toiminnan hyöty. Tap-

piot koostuvat mm. metsien maisema- ja virkistysarvon alenemisesta, tuotostappioista ja olemassa olevan puuston ja kalaston tuhoutumisriskistä. Hyödyt koostuvat päästöjä aiheuttavan toiminnan tarjoamista hyödykkeistä, työpaikoista, taloudellisesta tuloksesta ja teollisuuden hyvästä ulkomaisesta kilpailuasemasta.

Happamoitumisprojekti myöntää tutkimuslaitoksille ja yliopistoille rahoitusta projektin yleissuunnitelman mukaisesti. Tutkijat julkaisevat tulokset tieteellisissä julkaisusarjoissa ja projektin sihteeristö tekee yhteenvedot ja yleisarviot. Happamoitumisprojekti on toisaalta ilmansuojelua ja toisaalta tieteellistä tutkimusta. Ilmansuojelunäkökohdat rajaavat aihepiirin niin, että tutkitaan kaukokulkeutuvia ilman epäpuhtauksia ja niiden vaikutusta erityisesti metsiin, vesiin ja maatalouteen. Varsinainen tutkimus noudattaa normaaleja tieteellisiä menettelytapoja.



DI Ari Karppinen toimii tutkijana ympäristöministeriön HAPRO-projektissa, p. 90-199 1371.



Tutkimusmäärärahojen jakautuminen vuosina 1985–1988.

Happamoitusprojektin tarkoituksena on tutkia ilman epäpuhtauksiin liittyviä syy-seuraus-kysymyksiä ja tämän perusteella:

- selvittää vahinkojen laajuus ja merkitys
- arvioida, miten vahingot tulevaisuudessa kehittyvät
- paikallistaa uhanalaiset kohteet
- arvioida, miten vaikutuksia voitaisiin tehokkaasti poistaa tai vähentää sekä ehkäistä ennakoita.

Happamoitusprojekti pyrkii edistämään tutkimuksen ja hallinnon vuorovaikutusta. Se tarjoaa mahdollisuuden tutkimuksen tehostamiseen sekä kanavan tutkimustulosten nopeaan arviointiin ja huomioonottamiseen hallinnollisia ratkaisuja valmisteltaessa. Happamoitusprojekti parantaa myös mahdollisuuksia kansainväliseen vuorovaikutukseen sekä tutkimuksessa että pyrkimyksissä päästöjen vähentämistä koskevien neuvottelujen tietoperustan vahvistamiseen. Projektin tavoitteena on edistää näin sekä tutkimusta että päätöksentekoa.

Kuluvana vuonna 1988 on happamoitumistutkimukseen myönnetty rahaa 9.1 miljoonaa markkaa. Noin puolet tästä, 4.1 milj. mk. menee metsäntutkimukseen, jossa selvitetään metsävaurioiden synnyn syy-seuraussuhdetta. Yleisenä tavoitteena on metsien terveydentilan ja kasvun tulevan kehityksen arviointi. Erityisesti tutkitaan, onko Suomen metsäluonto paik-

keuksellisen herkkä ilman epäpuhtauksien aiheuttamille vaurioille.

Happamoituksen vesitutkimuksiin on osoitettu 2.7 milj. mk. Tutkimuksissa selvitetään vesistöjen ja pohjavesien happamoituksen historia ja nykytilanne, tutkitaan maa- ja kallioperän, hydrologian ja laskeuman osuutta vesiemme happamoitumisherkkyydestä ja laaditaan tämän perusteella ennusteita vesiemme happamoitumiskehityksestä. Lisäksi tutkitaan happamoituksen vesibiologisia ja kalataloudellisia vaikutuksia sekä happamoitushaittojen torjuntaa kalkituksin.

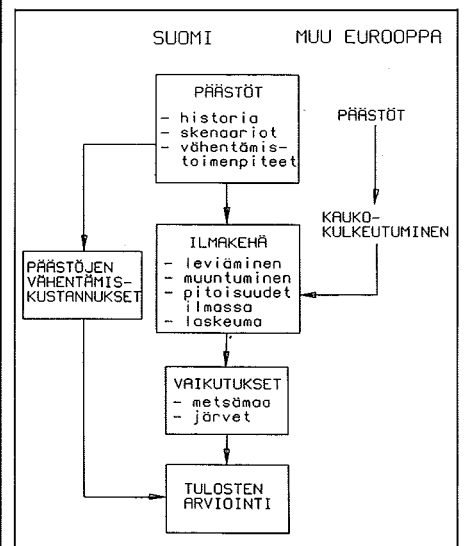
Jäljelle jäävästä 2.3 miljoonasta markasta noin puolet menee ilmatieteellisiin tutkimuksiin, joissa tarkastellaan erityisesti riikin ja typen oksidien kulkeutumista, muutunutta ja laskeumaa sekä otsonipitoisuuksia.

Loppua noin 1 miljoonaa markkaa jakavat mm. projektin maataloutta koskeva osa, jossa selvitetään raskasmetallien ja muiden niihin rinnastettavien ilman epäpuhtauksien maataloustuotannolle aiheuttamaa haittaa sekä taloustutkimukset, joissa keskitytään toisaalta vaikutuspuolen erityistutkimuksiin ja toisaalta päästöjen vähentämisen kustannuksia koskeviin kustannustehokkuus-tutkimuksiin. Erityistä huomiota saavat vaikutustutkimukset ja taloudelliset tutkimukset yhdistävä laaja mallitutkimus. □

**Osana Happamoitusprojekti (HAPRO) laaditaan VTT:ssä happamoitumiseen liittyvät prosessit kattava järjestelmämalli, jonka avulla voidaan tarkastella eri ilmiöiden välisiä riippuvuuksia ja niiden vaikutusta kokonaisuuteen. Edelleen mallin käytännöllisiä tavoitteita ovat päästönalennustoimenpiteiden merkityksen arviointi päästö-, laskeuma- ja ympäristövaikutustasoilla sekä happamoitumiseen liittyvien tutkimustulosten taltiointi ja havainnollistaminen.**

Työtä rahoittaa Ympäristöministeriön sekä Maa- ja metsätalousministeriön yhteinen Happamoitusprojekti (HAPRO). Tutkimukselle on nimetty johtoryhmä, jossa on edustajia Happamoitusprojektiä ja VTT:stä sekä tukiryhmä, jossa on edustajia eri laitoksista, joiden asiantuntemusalue liittyy kokonaisuuteen (Ympäristöministeriö, Ilmatieteen laitos, Metsäntutkimuslaitos, Vesien- ja ympäristötutkimuslaitos, Geologian tutkimuskeskus, Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos, Valtion teknillinen tutkimuskeskus).

Kokonaismallin laatiminen jakautuu siten, että varsinainen kokonaisuusmallitietokoneohjelma tehdään VTT:ssä ja eri osamallit laaditaan yhteistyössä eri asiantuntijalaitosten ja VTT:n kesken. Tutkimuksessa ollaan läheisessä yhteistyössä IIASA:n Acid Rain -tutkimusprojektin kanssa. Muita kansainvälisiä yhteyksiä on mm. ECE:hen, RIVM:iin (Hollanti) ja EPRI:in (USA).



Kuva 1. Happamoituksen kokonaisuusmalli.

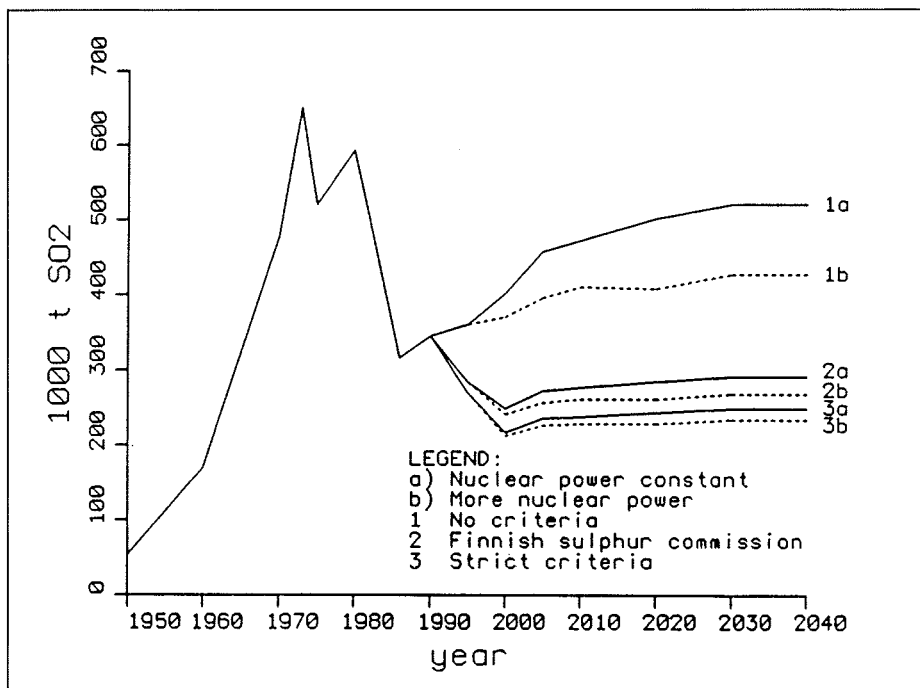
# Happamoitumisen kokonaismalli

Kokonaismalli jakautuu päästö-, ilma-kehä- ja vaikutusosaan (kuva 1). Päästöosa kuvaa rikkidioksidipäästöjen alueellista jakaumaa ja ajallista kehitystä (1950–2040) sekä vastaisia päästönvähennystoimenpiteitä. Päästöjen alueellinen jakautuma referenssivuodelle (1986) muodostetaan pääosin ilmansuojeluilmoitusten perusteella laaditusta Ympäristöministeriön ja Vesi- ja ympäristöhallituksen päästörekkisteristä. Liikenteen päästöt arvioidaan myydyin moottoripolttoaineen perusteella.

Tiedot jaotellaan päästöalueisiin (44 kpl), korkeusluokkiin (3 kpl), polttoaineisiin ja käyttösektoreihin. Menneisyyden päästöt arvioidaan valtakunnallisten päästö- ja energiakäyttötietojen avulla, myöhemmin pyritään mahdollisesti saamaan tarkempia tietoja. Tulevaisuuden päästöt kuvataan käyttäen polttoaineenkäytöskenaarioita ja arvioita prosessipäästöistä. Lisäksi otetaan huomioon polttoaineiden rikkipitoisuuksien kehitys ja päästöjen rajoitustoimenpiteet.

Kuvassa 2 on esitetty esimerkkiluontoisesti päästömallilla laskettuja tuloksia. Polttoaineenkäytöskenaario perustuu E. Tammisen raporttiin "Suomen energiatalouden säästövaihtoehtoja vuoteen 2030" (VTT Tutkimuksia 519, 1988), jonka pohjana on jo hiukan vanhentunut KTM:n arvio (Sarja B:47, 1985) vuoteen 2005 asti. Kuvassa on tarkasteltu ydinvoiman tuotannon lisäystä 18 TWh:sta vuodessa (käyrät a) 30 TWh:iin vuodessa (käyrät b) vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi kuvassa on otettu huomioon rikkipäästöjen rajoitustoimenpidevaihtoehtoja: 1) ei rajoituksia, polttoaineiden rikkipitoisuus vuoden 1985 tasolla, 2) Rikkitoimikunnan suosittelemat rajoitukset (vahvistettu valtioneuvostossa), 3) eräitä laitosten rajoituksia on tiukennettu. Kuvan käyrät on laskettu ja tulostettu viiden ja osittain kymmenen vuoden aikajalla, paitsi rikkipäästöjen huippuvuosi 1973, joka on lisätty tarkasteluun.

Päästömallien varsinainen tehtävä on laskea päästöjen jakauma eri vuosina leviämisen- ja vaikutuslaskuja varten. Happamoitumisprosessien hitauden vuoksi tarkastelu ulotetaan vuoteen 2040 asti. Päästömallia tullaan täydentämään huomioimalla myös NO<sub>x</sub>-päästöt kattilalaitoksista ja liikenteestä sekä NH<sub>3</sub>-päästöt maataloudesta. Lisäksi tullaan kehittämään KTM:n rahoituksella SO<sub>2</sub>- ja NO<sub>x</sub>-päästöjen alentamisen kustannustehok-



Kuva 2. Esimerkki päästömallin tuloksista. Suomen SO<sub>2</sub>-päästöjen kehitys olettaen erilaisia päästönrajoitustoimenpiteitä.

kuusmalli, joka tulee perustumaan IIASA:n kehittämään Euroopan kattavaan malliin.

Kokonaismallissa käytettävä rikkidioksidin ilmaleviämisen- ja muuntumismalli perustuu IL:ssä yksityiskohtaisemalla mallilla laskettuihin leviämistilannekohtaisiin tuloksiin, joita painotetaan eri leviämisolosuhteiden esiintymistodennäköisyyksillä. Kaukokulkeutuminen Euroopasta lasketaan IIASA:ssa kehitetyllä RAINS-ohjelmalla.

Vaikutusmalleina käytetään aluksi RAINS-ohjelman vaikutusmalleja (metsämaan ja järvien happamoituminen) joihin verran muokattuina vastaamaan paremmin Suomea koskevia tarkasteluja. Kyseisten vaikutusmallien kehittämisessä on suomalaisilla ollut merkittävä osuus.

Rikkilaskeuman vaikutuksia metsämaahan kuvaavassa mallissa oletetaan, että sulfaattilaskeuma huuhtoutuessaan maan pintakerroksesta vie mukanaan emäskationeja. Emäskationien pitoisuus tarkasteltavassa pintamaakerroksessa pienenee ja maan happamuus kasvaa. Korvaavia emäskationeja muodostuu mineraaleista hitaasti rapautumalla. Happamuuden kasvaessa alumiini osallistuu laskeuman puskurointiin. Liennut alumiini on kui-

tenkin metsälle haitallista. Metsämaamallissa tullaan käyttämään lähtötietoina mittausarvoja maan emäspitoisuudesta ja kokonaisuonin vaihtokapasiteetista. Mittauksia on suoritettu Turun yliopistossa, geologian tutkimuskeskuksessa ja Metsäntutkimuslaitoksessa.

Järvien happamoitumismallissa tarkastellaan järven valuma-alueelta tulevaa ionivirtaa ja sen vaikutusta järven alkaliniteettiin ja happamuuteen. Lähtötietoina tullaan käyttämään Vesi- ja ympäristöhallituksen suorittaman yli 1 000 järveä kattavan mittausohjelman tuloksia.

Laskeumaa ja metsämaata koskevat simulointitulokset saadaan karttamuodossa. Järvimallin tulokset esitetään tyypillisesti järvien jakautumisena eri happamuusluokkiin eri tarkastelutilanteissa. Happamoitumisen kokonaismalli -työ on tarkoitus saada valmiiksi vuoden 1989 loppuun mennessä. □

TkT Ilkka Savolainen on VTT:n ydinvoimatekniikan laboratorion turvallisuustekniikan jaoston erikoistutkija, p. 90-648 931.



*Olavi Vapaavuori, ETY*

## Ajatuksia energiasta

*Pitkän linjan ydinenergiamies Olavi Vapaavuori täytti toukokuussa 60 vuotta.*

*Hän syntyi Tampereella 22.5.1928, valmistui diplomi-insinööriksi 1952 ja tekniikan lisensiaatiksi 1963 Teknillisestä korkeakoulusta. Hän on työskennellyt ydinenergia-alalla vuodesta 1957 ja tehnyt kansainvälisestikin mitaten merkittävän työn ydinenergian hyväksi. ATS:n johtokunnassa hän istui 1969—1971.*

*Vuosina 1959—1964 Vapaavuori toimi OECD Halden -projektissa Norjassa useissa eri projekti- ja johtotehtävissä.*

*Vuosina 1964—1971 hän työskenteli EKONOssa ydintekniikan jaoston päällikkönä. Tämän ohella hän toimi Suomessa ydinlaitosten tarkastajana (eräänlainen yhden miehen STUK) 1966—1968 ja Suomen valtuuskunnan johtajana safeguards komiteassa Wienissä 1969—1970. Tältä ajalta on peräisin Vapaavuoren leikkilinen kutsumanimi "the Father of Starting Point of Safeguards".*

*Vuosina 1971—1983 Vapaavuori oli TVO:n palveluksessa ensin käyttöosaston johtajana ja sitten tuotanto-osaston johtajana. Tällöin hän vastasi muun muassa Olkiluodon voimalaitoksen käyttöosaston perustamisesta, käyttöhenkilöstön koulutuksesta, käytöstä, huollosta, vuosihuoltojen suunnittelusta ja toimeenpanosta, polttoainehuollosta sekä turvallisuus- ja ympäristötutkimuksista.*

*Vuodesta 1983 Vapaavuori on toiminut Energiataloudellisen yhdistyksen (ETY) toimitusjohtajana.*

***Energiahuoltomme on kansainvälisestikin ajatellen monessa suhteessa maailman huipputasoa. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa olemme uranuurtajia maailmassa. Meillä on varsin pitkälle kehitetty sähköntuotannon ja -siirron yhteiskäyttöjärjestelmä. Ydinvoimalaitoksemme ovat toimineet erittäin hyvin, ja käytössä saadut säteilyannokset ovat olleet maailman alhaisimmat. Turveteknologiassa olemme uranuurtajia maailmassa. Useat voimalaitoksemme toimivat täyteen tehoon saakka jopa kolmella eri polttoaineella.***

Vielä 1970-luvun loppupuolella eräillä tahoilla kysyttiin ovatko energiahuoltoon liittyvät kysymykset poliittisesti tärkeitä. Tähän olemme tällä vuosikymmenellä saaneet eri yhteyksissä selvän vastauksen.

Energiäkysymykset olivat aikaisemmin varsin voimakkaasti maakohtaisia. Energiahuoltoon oman maan ulkopuolella liittyvät yksityiskohdat eivät juuri kiinnostaneet, koska niillä ei ollut vaikutusta toimintaan eikä päätöksiin. Nyt tilanne on täysin erilainen. Polttoaineiden hinnat ja niiden vaihtelut, erilaiset päästöt ympäristöön — ei vain sellaiset, jotka vaikuttavat lähiympäristöön, vaan myös ne, jotka vaikuttavat maan rajojen ulkopuolelle — samoin kuin dollarin kurssivaihtelut vaikuttavat meihin tapahtuipa tuo muutos tai päästö omassa maassa tai sen ulkopuolella. Tänään on maan rajojen ulkopuolella tapahtuva toiminta ja siellä tehdyt päätökset ja ratkaisut otettava riittävällä vakavuudella huomioon, jotta kilpailukykyemme säilyisi ja meille tärkeä ulkomaankauppamme kehittyisi toivomallamme tavalla.

Jo vuonna 1980 päästöjen vaikutus rajojen ulkopuolella otettiin esille Maailman Energiakonferenssin WEC:n järjestämässä kongressissa Münchenissä. Välitön vaikutus silloin oli jokseenkin mitään sanomaton eri puolilla maailmaa. Nyt tilanne on toinen. Asiasta puhutaan yhä enemmän. Vakavan sysäyksen asialle sai ai-

kaan Tshernobyl ja viimeksi Rein-joen liikaantuminen. Asia on koettu kaikkien yhteiseksi. On toivottavaa, että tämänkaltaisten tapahtumien tiedottaminen ja käsittely eri puolilla maailmaa voitaisiin hoitaa asiallisella tavalla.

### **Koulutuksen ja tiedotuksen merkitys korostuu**

Olemme eri yhteyksissä saaneet kokea, miten nopeasti teknologian kehitys eri puolilla maailmaa etenee tuottaakseen yhä uusia, yhä parempia työvälineitä käyttöömmeh. Puhumme näistä saavutuksista usein ylpeinä siitä, että osaamme kehittää uutta, jotain sellaista, jota ehkä joku toinen ennen meitä ei ole vielä aikaansaanut. Kaikki tämä on kuitenkin tuonut myös suuren määrän vaikeuksia, jotka johtuvat siitä, että ihmisen mieli ei enää kykene seuraamaan sitä teknologisen kehityksen vauhtia, joka tänä päivänä maailmassa vallitsee. Juopa teknologisen kehityksen ja ihmisen hyväksymisen välillä on voimakkaasti kasvamassa. Tämä onkin nähdäkseni alue, johon meidän tulee jatkossa yhä voimakkaammin panostaa, jotta koulutuksen ja oikean tiedottamisen kautta tuo juopa saataisiin pienemmäksi ja ihminen hyväksymään nykyinen muutostahti.

Olemme itse rakentamamme järjestelmän puitteissa joutuneet yhä useammin ihmettelemään ja kysymään itseltämme ja toisiltamme uudelleen ja uudelleen, mikä on totuus tämän päivän maailmassa. Pentti Poukka kirjoitti Uuden Suomen alakerässä 10.05.1986 aiheesta varsin mielenkiintoisella tavalla nimikkeellä "Sananvapauden saaste". Hän toteaa: "Lukijan järkyttäminen jollakin sattumuksella on perimmältään hänen viihdyttämistään", ja jatkaa: "Tshernobylin onnettomuus oli todellinen katastrofi myös Neuvostoliiton tiedotustoiminnassa. Siitä ei liene epäselvyyttä. Mutta tästä ei automaattisesti seuraa, että länsimainen sensaatiojournalismin linja olisi vailla puutteita ja haittoja. Totuuden nimessä pitäisi muistaa, että esimerkiksi Amerikassa syntynyt ja levinnyt hysteria Tshernobylin onnettomuuden johdosta oli ratkaisevasti hälyyttisten ja mielikuvituksellisten olettamusten vaikutusta. Amerikkalaiset tiedotusvälineet kilpailivat raivokkaasti uutisista, joilla voisi säilyttellä lukijoita ja kuulijoita. Suomikin pääsi tässä puuhassa jonkinlaisen kauhukammion rooliin. Juttu-

jen todennäköisyys ja täsmällisyys ei ollut niinkään tärkeää. Pääasia oli, että pystyttiin tarjoamaan hurjia sensaatioita." Näin Pentti Poukka alakerrassaan.

Näkemykseni mukaan tämä kuvaa varsin todellisella tavalla meidän itsemme rakentamaa tiedonvälityksen mekanisme, joka omalla institutionaalaisella tavallaan vaikuttaa meihin, välittää tietoa ja viihdyttää meitä. Kaikesta huolimatta rohkenen väittää, että Tshernobylin tapaus kokonaisuutena vain esimerkin mainitakseni käsiteltiin lehdistössämme huomattavan asiallisesti. On vain valitettavaa, että tiedonvälityksen mekanismeissa on ilmiöitä, jotka väijäämättömästi johtavat nykyisessä järjestelmässämme siihen, että tieto ei aina kulje oikeassa muodossa ja ennenkaikkea välitetään väärää tietoa joko tahallisesti tai tahattomasti. Mikä jo on päässyt eetteriin, sitä ei voida saada korjatuksi. Tästä hyvänä esimerkkinä voidaan mainita vappupilana STT:n taholta 1986 Tshernobylin jälkeen maailmalle päästetty uutinen, jonka mukaan yksi ihminen oli jo kuollut Kuopiossa saatuaan luonnon taustasäteilyyn verrattuna 20 000-kertaisen annoksen säteilyä. Neljä minuuttia tapahtuneen jälkeen asia kyllä yritettiin korjata, mutta tuloksetta. Tämä myönteinen ja hyvä uutinen ei meidän rakentamassamme järjestelmässä enää ylittänyt uutiskynnystä ja vaikkapa olisi ylittänytkin, sen myönteinen vaikutus ei koskaan olisi pystynyt korjaamaan jo virheellisellä tiedolla varustettua kielteistä uutista.

Olen näinkin kauan halunnut viipyä aiheessa sananvapauden saaste. Koska me aivan ilmeisesti haluamme edelleen elää vapaassa maailmassa, emme nähdäkseen pääse kovinkaan helposti eroon tästä ongelmasta. Nähdäkseen nykyiseen tilanteeseen on olemassa vain yksi ratkaisu — luottamus. Ellei luottamusta synny tiedonvälittäjän ja asiantuntijan välille, poliitikon ja asiantuntijan välille, saamme yhä enenevässä määrin aikaan meille tarkoitettua viihdykettä — sensaatiouutisia.

## Energiaratkaisujen vaikutukset ovat maailmanlaajuisia

Energiaan liittyviä kysymyksiä on tarkasteltava kokonaisuutena, ei ainoastaan paikallisina kysymyksinä tämän päivän maailmassa. Mitä hyödyttää meidän asettaa liian kovia rajoituksia tai olla käyttämättä jotain tiettyä taloudellista, teknistä ja ympäristöstävällistä ratkaisua, ellei samalla tavalla ajatella myös muualla maailmassa rajojemme ulkopuolella? Kansainvälisyys on astunut elämäämme yhä voimakkaammin vaikutuksiin. Tämä on oikealla tavalla pystyttävä ottamaan huomioon jatkuvasti kovenevassa kansainvälisessä kilpailussa. Riskejä on ympäristö tulvillaan. Yksi esimerkki tästä on Bhopalissa Intiassa tapahtunut kaasuvuoto. Onnettomuudessa kuolleita oli välittömästi yli 2 000, loukkaantuneita tavalla tai toisella 200 000 ja perinnöllinen rasiutus jälkipolville kymmeniksi vuosiksi eteenpäin ympäristössä. Riskit on analy-

soitava ja pantava oikeaan järjestykseen, jotta me pitkällä tähtäimellä tekisimme ihmiskuntaa ajatellen oikeita päätöksiä. Uskon vakaasti, että näin tehden tulemme vakuuttuneiksi myös siitä, että ydinvoimakin on hyväksyttävää ja ympäristöä ajatellen hyvä tapa kehittää energiaa.

Entä sitten tilanne Ranskassa ja Ruotsissa? Toisessa näistä maista on kiehutusvesireaktori kehitetty maailman huipulle, toisessa taas painevesireaktori. Molemmissa maissa ydinvoiman energiakäytettävyys on maailman huipulla, kun taas henkilökunnan — ulkopuoliset mukaan lukien — saamat säteilyannokset varsinkin Ruotsissa ovat maailman alhaisimmalla tasolla eli molemmissa maissa on saavutettu tekniikan kehityksessä ydinvoima-alalla erittäin hyviä tuloksia. Molemmissa maissa, myös Ranskassa, mielipiteet ovat vaihdelleet laidasta laitaan ajan kuluessa. Ainoa ero näiden maiden välillä on se tosiasia, että toisessa niistä poliitikot eivät kyenneet ottamaan vastuuta päättämisestä, vaan järjestettiin kansanäänestys, toisessa poliitikot tunsivat vastuunsa ja näin ei kansanäänestystä järjestetty. Syykin tähän käyttäytymiseen voidaan löytää. Ranskassa voidaan todeta — "No coal, no oil, no choice". Ruotsissa taas on vuosikautia eletty sähkön ylituotannon merkeissä ja näin ollen on voitu energiakysymyksillä leikkiä. Ja mikä on lopputulos — Ranskassa ydinvoimakokonaisuus — myös polttoainesykli mukaan lukien — on kehitetty erittäin pitkälle ja sähkön hinta on EC-maiden alhaisin, kun taas Ruotsissa ollaan repimässä ydinvoimalaitoksia alas ja nostamassa sähkön hintaa kaksinkertaiseksi. Näissä merkeissä onkin termille energian säästö syntynyt Ruotsissa uusi sisältö — sähköä liikaa kuluttava teollisuus siirretään ulkomaille ja näin saadaan aikaan todellinen säästö sähkön kulutuksessa.

Mikä sitten on tilanne Suomessa? Energiahuoltomme on kansainvälisestikin ajatellen monessa suhteessa maailman huipputasoa. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa olemme uranuurtajia maailmassa. Meillä on varsin pitkälle kehitetty sähköntuotannon ja -siirron yhteiskäyttöjärjestelmä. Ydinvoimalaitoksemme ovat toimineet erittäin hyvin ja käytössä saadut säteilyannokset ovat olleet maailman alhaisimmat. Turveteknologiassa olemme uranuurtajia maailmassa. Useat voimalaitoksemme toimivat täyteen tehoon saakka jopa kolmella eri polttoaineella.

On varsin helppoa yhtyä seuraavaan Pekka Jauhon toteamukseen: "Maailman energiahuolto on nähtävissä olevaksi ajaksi sitoutunut öljyyn, kivihileen, maa-kaasuun, biomassaan, vesivoimaan ja ydinenergiaan. Kaikki muut energialähteet voidaan 50 vuoden tähtäimellä unohtaa paitsi jo olemassaolevien järjestelmien piirissä tapahtuvaa käytön tehostusta ja säästämistä. Me olemme nykyisen järjestelmän vankeja, sillä muutokset kestävät useita vuosikymmeniä ja ei vain elintasomme vaan myös elämisentasomme,

itse asiassa koko elämämme, on riittävän ja häiriintymättömän energiantuotannon varassa.

Ydinenergian osuus on suuri useiden teollistuneiden maiden sähköntuotannosta, kokonaisuudessaan se vastaa energiaekvivalenttisesti koko Saudi Arabian öljyn tuotantoa. Jos jostakin syystä, esim. liian alhaiseksi arvioidusta turvallisuustasosta johtuen, ydinenergian tuotanto jouduttaisiin keskeyttämään maailmanlaajuisesti, se johtaisi sietämättömään öljyn kohdistuvaan paineeseen, sillä öljy on ainoa, joka riittävän nopeasti kykenisi korvaamaan poistuvan sähkön tuotannon. Luopumispäätöksestä seuraisi todennäköisesti kaikkia entisiä energiakriisejä vakavampi maailmanpoliittinen tilanne uhreineen, joiden lukumäärä ylittäisi moninkertaisesti ydinenergian käytön haittavaikutusten pessimistisimmätkin arviot. Ydinenergia on siis globaalisesti välttämätön edellyttäen, että sen riittävä turvallisuustaso ja ympäristövaikutusten hyväksyttävyyys voidaan saavuttaa ja ylläpitää kaikilla reaktortyypeillä jokaisessa käytön vaiheessa." Näin siis Pekka Jauho.

## Tarvitaanko maailmassa energiaa tulevaisuudessa?

Tähän on vain yksi vastaus olemassa: tarvitaan. Meidän on hyvin helppoa puhua hyvinvointivaltiossa nimeltään Suomi energian säästämisestä ja siitä, että tulevaisuudessa tulee energian kokonaistarpeemme jopa vähenemään, koska pystytään kehittämään yhä vähemmän energiaa tarvitsevia ratkaisuja. Toisaalta kuitenkin on täysin selvää, että sähkön kulutus tulee vielä pitkään kasvamaan, koska ihminen haluaa elää yhä helpommin ja mukavammin. Jos sen sijaan kysymystä tarkastellaan koko maailma silmämme edessä ja hyväksytään se ajatus, että myös kehitysmaiden tulisi joskus saavuttaa se elämisen taso, josta me jo nyt nautimme, on täysin selvää, että tarvittava energian kokonaistarve tulee maailmassa vielä pitkään nousemaan. Tähän tarvitaan kaikkia nykyisin käytössä olevia polttoaineita vielä pitkään, ja olen vakuuttunut myös siitä, että niitä tulee myös vielä pitkään löytymään. On vain muistettava, että eräiden polttoaineiden hinta tulee varmasti nousemaan nopeammin kuin eräiden toisten polttoaineiden, koska uudet löydökset ovat vaikeammin luoksepäästävässä.

Olen yrittänyt panna paperille erilaisia mieleeni tulleita ajatuksia 60-vuotispäivän kynnyksellä. On joskus vaikea esittää enää uusia ajatuksia, kun käytettävissä on mm. erinomainen kirjoitus aiheesta "Tshernobyl, Suomi ja ydinenergian tulevaisuus." Tämä Pekka Jauhon kirjoitus oli ATS Ydintekniikka-lehden numerossa 3/87. Yhdyn siihen kokonaisuudessaan. Siksi olenkin yrittänyt kiinnittää huomiota eräisiin aivan muihin energiamaailman ilmiöihin, jotta en liiaksi toistaisi sitä, mitä Pekka Jauho kirjoituksessaan energiasta ja ydinvoimasta on erinomaisella tavalla sanonut. □

# Ydinvoimaloiden käytöstäpoistoon varaudutaan hyvissä ajoin

**Ensimmäiset selvitykset Suomen ydinvoimalaitosten käytöstäpoistosta laadittiin vuonna 1982. Selvitykset perustuivat tuolloin ulkomaisten käytöstäpoistosuunnitelmien soveltamiseen Suomen olosuhteisiin.**

**Voimalaitosten käyttöluo-  
paehtojen mukaisesti sekä IVO että TVO ovat saattaneet käytöstäpoistosuunnitelmat ajan tasalle ja toimittaneet ne viranomais-  
ten arvioitavaksi vuoden 1987 lopussa. Uusissa käytöstäpoistosuunnitelmissa on aiempaa tarkemmin otettu huomioon Loviisan ja Olkiluodon laitosten erityispiirteet ja laitosten käytöstä saadut kokemukset.**

Ydinvoimalaitoksen käyttövaiheen aikana monet sen järjestelmistä ja laitteista tulevat radioaktiiviseksi. Käytöstäpoistolla tarkoitetaan yleisesti niitä hyötykäytön jälkeisiä toimenpiteitä joilla huolehditaan siitä, ettei laitokselle jääneistä radioaktiivisista aineista ole haittaa ympäristölle. Käytöstäpoiston lopullisena tavoitteena on vapauttaa laitosalue kaikista säteilyturvallisuuteen liittyvistä käyttörajoituksista.

Suomen ydinvoimalaitosten käyttöluo-  
paehtojen mukaisesti voimayhtiöitä ylläpitämään ja kehittämään käytöstäpoistosuunnitelmia jatkuvasti. Suunnitelmat on jätettävä viranomaisten tarkastettavaksi viiden vuoden välein. Näin tehdään siitä huolimatta, että kokemukset nykyisten voimalaitosten käytöstä ovat erinomaiset, ja laitosten voidaan odottaa palvelevan sähköhuoltoamme vielä ainakin kahden vuosikymmenen ajan. Suunnitelmilla voidaan osoittaa, että laitoksen purkaminen on mahdollista jo olemassa olevalla tek-

niikalla ilman tulevaa teknistä kehitystä. Suunnitelmien perusteella laaditaan myös kustannusarviot ydinjätehuollon varautumista varten.

## Toteutuksessa kaksi päävaihtoehtoa

Ydinvoimalaitoksen käytöstäpoisto voidaan toteuttaa usealla vaihtoehtoisella tavalla. Tunnustettavasti laitoksen radioaktiiviset osat on mahdollista purkaa pian hyötykäytön päättymisen jälkeen. Kun syntyy purkujäte on asianmukaisesti loppusijoitettu, voimalaitosalue voidaan vapauttaa käyttörajoituksista.

Toinen vaihtoehto on saattaa laitos pian käytön päättymisen jälkeen sellaiseen tilaan, että sitä voidaan turvallisesti säilyttää kymmeniä vuosia verraten pienin tarkastus- ja kunnossapitotoimenpitein. Tänä aikana laitoksen säteilytasot laskevat radioaktiivisen hajoamisen myötä, mikä vähentää radioaktiivisen purkujätteen määrää ja purkutyöstä aiheutuvaa säteilyaltistusta. Aktivoitunut reaktoripaineastia ja sen sisäosat sisältävät kuitenkin eräitä pitkäikäisiä radionuklideja, joten valvotun säilytyksen jatkaminen tietyn ajanjakson jälkeen ei ole enää tarkoituksenmukaista.

Valvottuun, noin 30 vuoden pituiseen säilytykseen liittyviä toimenpiteitä ovat vähäinen dekontaminointi, nesteitä sisältävien järjestelmien tyhjentäminen, putkikyhteyksien tukkiminen, rajoitetun henkilööliikenteen mahdollistaminen, jatkuva valvonta säteilymonitorointineen ja säilytyksen aikana tarvittavien apujärjestelmien huolto. Suojarakennus säilytetään lähes ennallaan, ja tarpeellinen ilmanvaihto pidetään yllä.

## Viivästetyn purkamisen etuja ovat

- työntekijöiden säteilyaltistuksen pieneminen
- säilytyksen aikaisen teknisen kehityksen hyödyntäminen purkuvaiheessa
- dekontaminointitarpeen väheneminen.

Välittömän purkamisen etuja ovat

- laitoksen tuntevaa henkilökuntaa käytettävissä
- laitospaikka vapautuu nopeasti muihin tarkoituksiin
- laitoksen ylläpidon tarve vähäinen.

Välittömällä ja viivästetyllä purkamisella ei ole oleellisia eroja kustannusten tai turvallisuuden suhteen. Käytöstäpoistotavan valintaan vaikuttavatkin enemmän mm. laitospaikan tuleva käyttö ja käytöstäpoistoon liittyvät hallinnolliset järjestelyt.

Sekä Loviisan että Olkiluodon voimalaitosalueiden oletetaan säilyvän sähköntuotannon piirissä tulevaisuudessakin. Laitosalueita ei siten pyritä palauttamaan luonnon tilaan, vaan käytöstäpoisto rajoittuu radioaktiivisen materiaalin purkamiseen laitokselta. Jos puhtaita rakennuksia ei voida käyttää uusien voimalaitosten osina, ne puretaan tarvittaessa myöhemmin.

Loviisan voimalaitoksen käytöstäpoiston lähtökohdaksi pidetään välitöntä purkamista ainakin niin kauan kuin uusista ydinvoimalaitosyksiköistä ei ole tehty päätöksiä. Olkiluodon laitoksen käytöstäpoiston päävaihtoehto on purkaminen 30 vuoden säilytyksen jälkeen. Tarvetta nopeaan purkamiseen ei ole, koska alueella jatkuu ydintekninen toiminta käytetyn polttoaineen varastoinnin muodossa vielä kymmeniä vuosia laitoksen hyötykäytön päätyttyä.

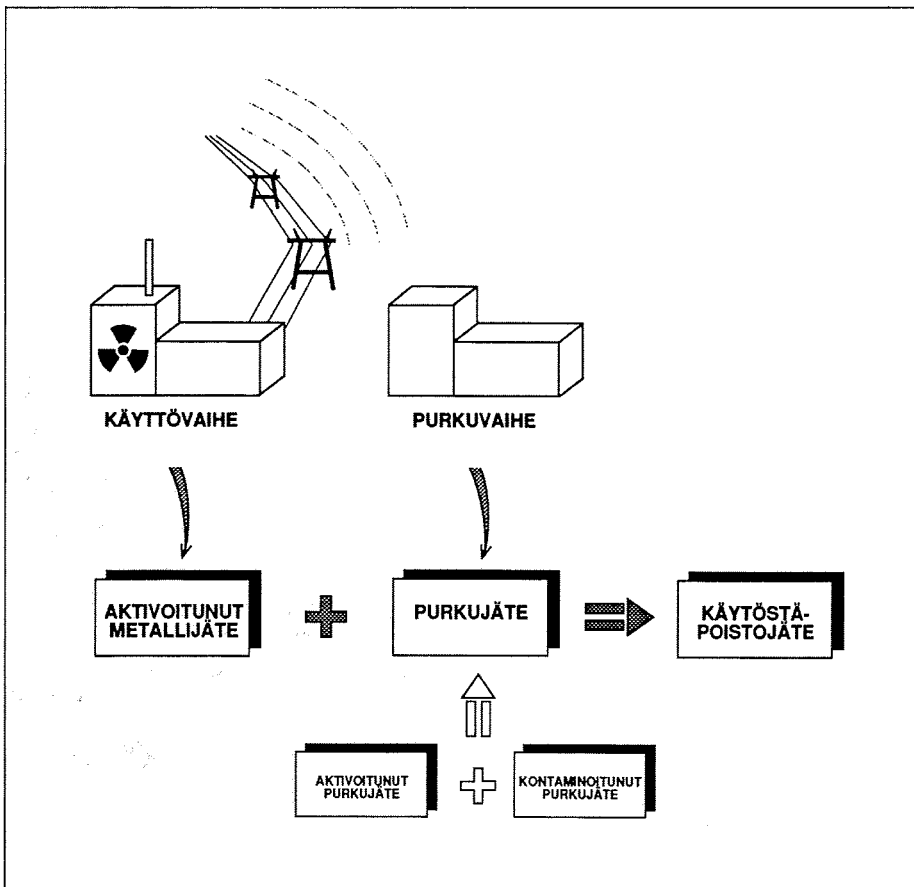
## Purkutekniikka jo olemassa

Yli 99 % käytöstäpoistetun ydinvoimalaitoksen sisältämistä radioaktiivisista aineista on reaktoripaineastian aktivoituneissa sisäosissa. Niiden käsittelyssä on kiinnitettävä erityistä huomiota riittävään säteilysuojaukseen. Myös paineastia itsessään aktivoituu käytön aikana, mutta sen ominaisaktiivisuus on vain muutamia tuhannesosia sisäosien aktiivisuudesta. Paineastian käsittelyä vaikeuttaa puolestaan suuri koko ja sijainti reaktorirakennuksen sydämessä massiivisten betonirakenteiden keskellä.

Loviisan voimalaitoksen reaktoripaineastian on suunniteltu poistaa paikaltaan kokonaisuutena. Paineastian käsittelyn ajaksi sisäosat varastoidaan reaktorirakennuksen lattiakaivoihin ja sydänkomponenttien suojauslinteriin. Reaktorin putkiyhdykset katkaistaan ja paineastia nostetaan reaktorirakennuksen päatasolle. Paineastian aktivoitunut osa ympäröidään teräsbetonisella säteilysuojalla. Paineastia laskeaan reaktorihallin polaarinosurilla segmenttialueella odottavalle kuljetusalustalle ja siirretään loppusijoitustilaan. Pai-

DI Hannu Härkönen on Imatran Voima Oy:n ympäristönsuojelutoimiston toimistoinsinööri, p. 90-53 011.  
DI Mikko Nykyri on teollisuuden Voima Oy:n ydinjätetoimistosta, p. 90-605 022.





Kuva 1. Ydinvoimalaitoksen käytöstäpoistojäte koostuu laitoksen käyttövaiheessa kertyvästä aktivoituneesta metallijätteestä ja purkuvaiheessa syntyvästä aktivoituneesta ja kontaminoituneesta materiaalista.

neastian ja säteilysuojan yhteispaino on noin 280 tonnia, mikä vielä on hoidettavissa reaktorirakennuksen nosturilla.

Kun paineastia on loppusijoitettu, kuljetetaan sen sisäosat loppusijoitustilaan suojasynterillä ja sijoitetaan paikoilleen paineastiaan.

Olkiluodon noin 600 tonnin painoinen paineastia paloitellaan ennen pakkausta betonilaatikoihin. Työ tehdään etäkäsitteilymenetelmän ja suurimmaksi osaksi veden alla. Purkamisessa ja paloitelussa voidaan käyttää esim. plasmaleikkausta, valokaarisahausta, happi-asetyleenileikkausta tai suurpainemärkähiekkapuhallusta. Menetelmät ovat jo käytössä muilla aloilla, ja niiden soveltamista käytöstäpoistoon kehitetään ulkomailla voimakkaasti.

Loviisassa poistetaan laitokselta kokonaisuudessaan myös eräät suurikokoiset kontaminoituneet komponentit, kuten höyrystimet ja paineastiat. Putkistot ja muu kontaminoitunut materiaali sekä biologisen suojan betoni paloitellaan ja pakataan aktiivisuudesta riippuen joko puu- tai betonilaatikoihin. Olkiluodossa paloitellaan ja pakataan myös suuret kontaminoituneet komponentit.

### Jättemäärät

Käytöstäpoistojätteeksi voidaan katsoa purkutöiden yhteydessä syntyvä purkujäte sekä laitoksen käyttövaiheessa kertyvä aktivoitunut metallijäte, joka käsitellään ja loppusijoitetaan vasta laitoksen käytöstäpoistovaiheessa. Purkujäte voidaan vielä jakaa aktivoituneeseen ja kontaminoituneeseen materiaaliin (kuva 1).

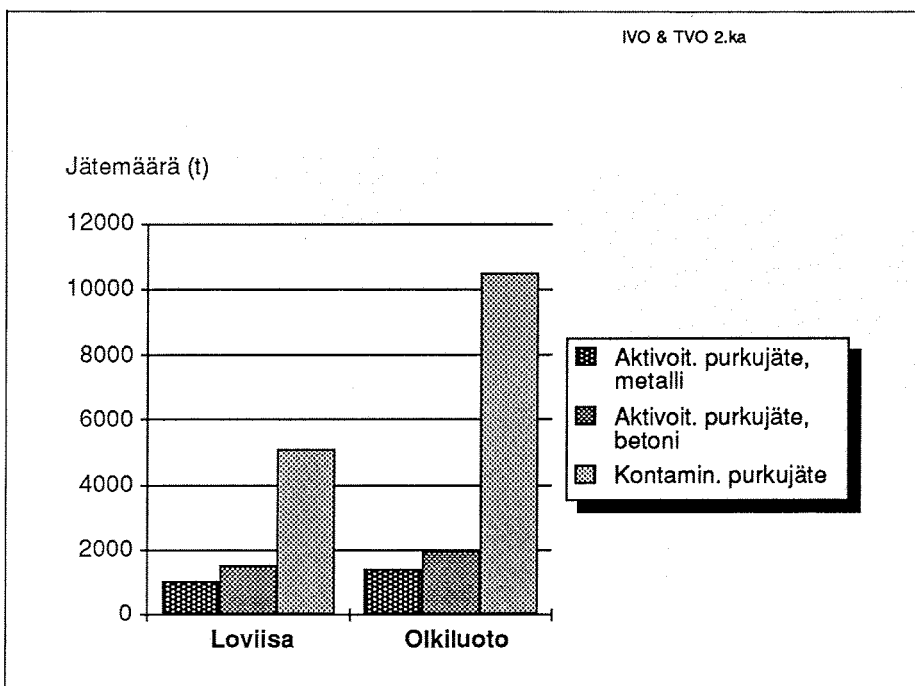
Erityyppisten käytöstäpoistojätteiden määrä Loviisassa ja Olkiluodossa on esitetty kuvassa 2. Kontaminoituneen jätteen määrä on Olkiluodossa huomattavasti suurempi kuin Loviisassa, koska kiehutusvesireaktorilaitoksella myös turpiinpiiristä tulee radioaktiivista purkujätettä.

Sekä Loviisassa että Olkiluodon aktivoituneen purkujätteen ja aktivoituneen metallijätteen kokonaisaktiivisuus purkuhetkellä on noin  $10^{16}$  Bq. Kontaminoituneen jätteen aktiivisuus on noin  $10^{13}$  Bq.

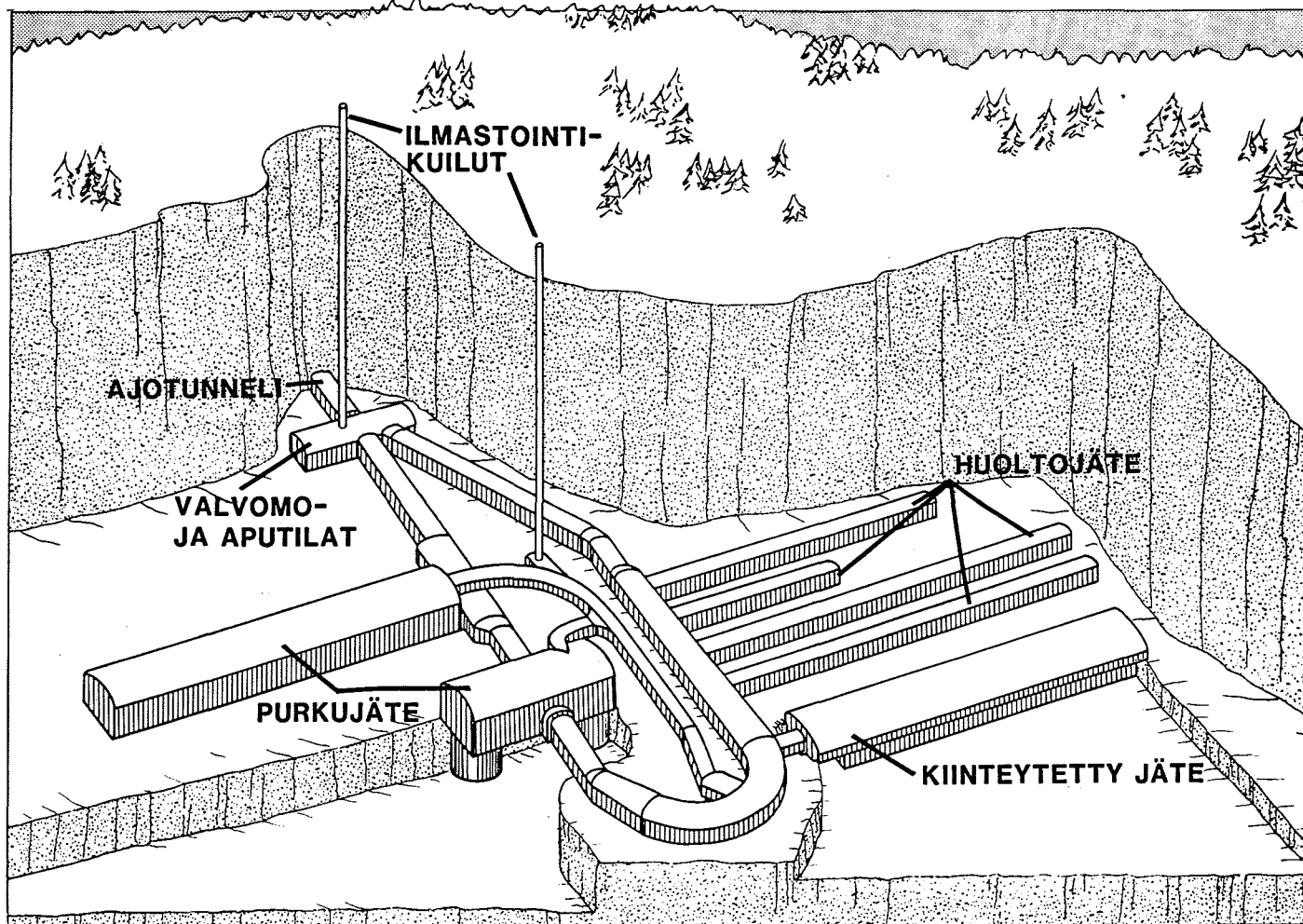
### Käytöstäpoistojätteet loppusijoitetaan voimalaitospaikoille

Käytöstäpoistojätteet on suunniteltu loppusijoittaa kummallekin laitospaikalle rakennettavan voimalaitosjätteen loppusijoitustilan yhteyteen (kuvat 3 ja 5).

Loviisassa reaktoripaineastiat sijoitetaan omiin silloihinsa (kuva 4). Aktivoituneet sisäosat sijoitetaan paikoilleen paineastian sisään. Paineastian paksu teräseinä toimii näin ensimmäisenä vapautumisen esteenä sisäosien radioaktiivisille aineille. Paineastia ympäröidään vielä betoniseinällä ja murskebetoniittiseinällä. Laatikoihin pakattu purkujäte sijoitetaan pitkänomaiseen halliin, ja laatikoiden väliset tilat täytetään murskeella.



Kuva 2. Loviisan ja Olkiluodon voimalaitosten käytöstäpoistojätteiden määrä.



Kuva 3. Loviisan matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitustila.

Olkiluodon loppusijoitustiloihin on suunniteltu matala-aktiivisille purkujätteille kaksi siloa ja aktivoituneelle metallijätteelle erillinen halli. Metallijätehalliin sijoitettavien betonilaatikoiden välit valetaan sijoitusvaiheessa täyteen betonia. Sulkemisvaiheessa näin muodostunut betonimonoliitti ympäröidään vielä bentoniittikerroksella.

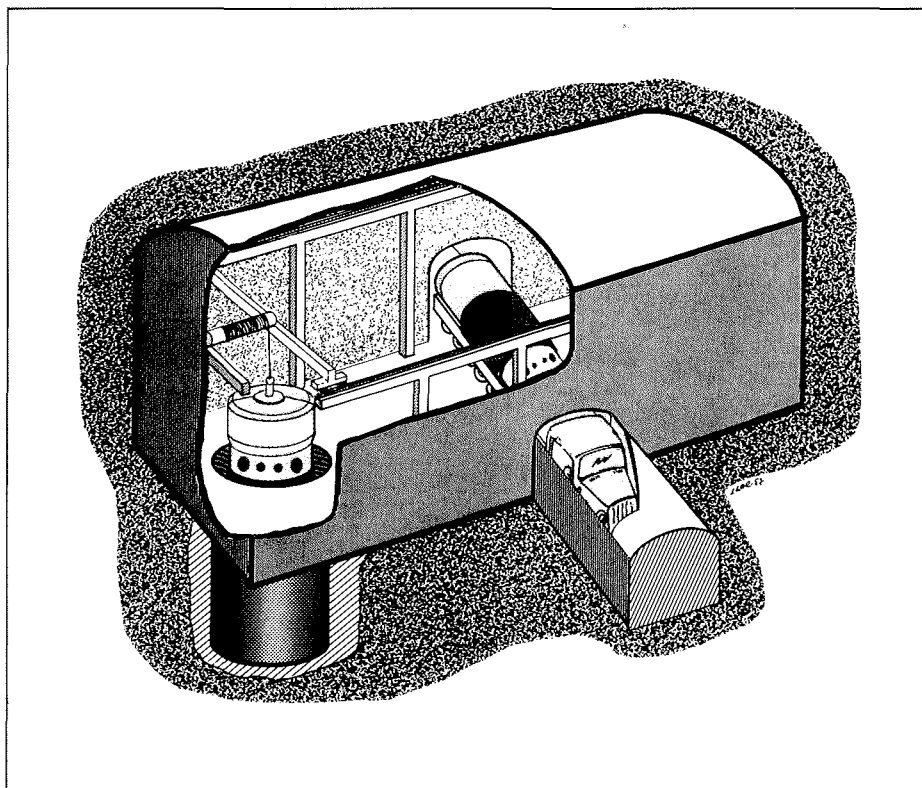
### Säteilyturvallisuus hallinassa

Käytöstäpoistossa käytetään enimmäkseen samoja työmenetelmiä kuin käyttövaiheen aikaisissa huolto- ja korjaustöissä. Reaktoripaineastian ja sen aktivoituneiden sisäosien käsittelyä varten hankitaan kauko-ohjattavia käsittelylaitteita. Vuosittaisista huolto- ja korjaustöistä sekä ulkomaisista käytöstäpoistohankkeista saadut kokemukset osoittavat, että käytöstäpoistohenkilökunnan säteilyannokset voidaan pitää hallinnassa töiden huolellisella suunnittelulla ja valvonnalla.

Käytöstäpoistojätteiden loppusijoituksesta on tehty kattava turvallisuusanalyysi. Sen tulokset osoittavat hyvällä varmuudella, ettei purkujätteiden loppusijoituksesta ole missään olosuhteissa haittaa ihmisille.

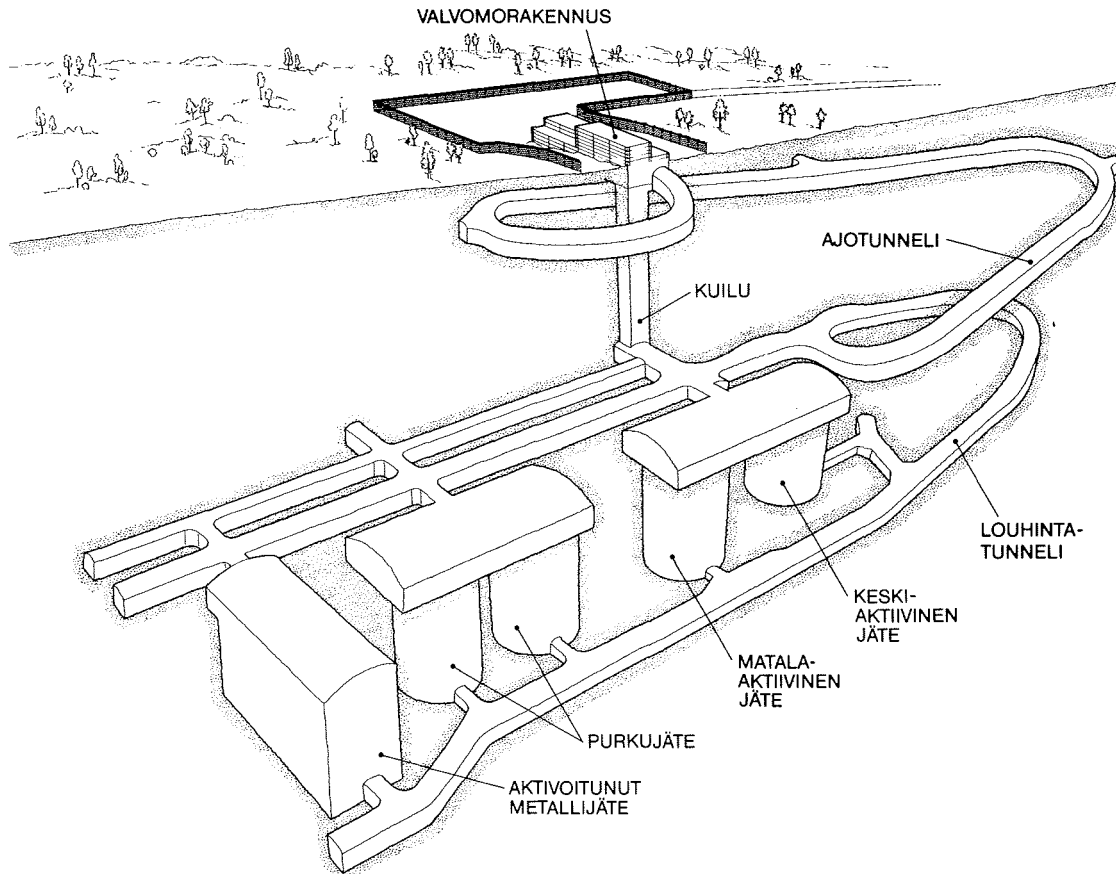
### Käytöstäpoiston kustannusarvio

Sekä Loviisan että Olkiluodon voimalaitoksen käytöstäpoiston kustannuksiksi on arvioitu noin 800 milj. mk. Tuleva tekninen kehitys saattaa vielä alentaa kustannuksia. □



Kuva 4. Loviisan reaktoripaineastioiden loppusijoituksen periaate.

## VOIMALAITOS- JA KÄYÖSTÄPOISTOJÄTTEIDEN LOPPUSIJOITUSTILA



Kuva 5. Olkiluodon matala- ja keskiaktiivisten jätteiden loppusijoitustila.

## TVO rakentaa VLJ-luolaa

Huhtikuun alussa saavutettiin merkittävä etappi Teollisuuden Voima Oy:n ydinjätehuollossa. Silloin aloitettiin matala- ja keskiaktiivisen jätteen loppusijoitustilan, VLJ-luolan, rakentaminen Olkiluodon kallioon. Kallioon sijoitettava radioaktiivinen jäte sisältää voimalaitoksen puhdistusmassoja, jotka on kiinteytetty bitumiin, sekä erilaista huoltotöistä kertynyttä jätettä suojahalareista lähtien. Pääosa jätteestä on pakattu 200 litran tynnyreihin.

Tynnyrit sijoitetaan kahteen kalliosiloon, jotka rakennetaan 70–100 metriä maanpinnan alapuolelle Ulkopään niemeen vajaan kilometrin päähän voimalaitoksesta. Siilot ovat halkaisijaltaan 20 metriä ja niiden korkeus on 30 metriä. Niihin mahtuu 30 vuoden aikana Olkiluodosta kertyvät jätteet. Kalliotiloja voidaan myöhemmin laajentaa tarpeen mukaan.

Tiloihin johtaa maanpinnalta 700 metriä pitkä ajotunneli. Se saadaan louhituksi tänä vuonna, minkä jälkeen aloitetaan siilojen louhinta. Koko louhintatyö saadaan valmiiksi vuoden 1989 lopulla. Kalliota louhitaan kaikkiaan 84 000 m<sup>3</sup>. Louhintatyön suorittaa YIT-Yhtymä Oy. Louhinnan jälkeen tehtävät rakennus- ja asennustyöt vievät aikaa noin kaksi vuotta. VLJ-luola valmistuu vuonna 1992.

Rakentaminen maksaa 75 miljoonaa markkaa, josta louhintaaurakan osuus on noin 24 miljoonaa markkaa. Työvoimavahvuus louhinnan aikana on noin 20 henkeä. Enimmillään työvoiman tarve on vuonna 1990, jolloin VLJ-luolaa on rakentamassa 70–80 henkeä.

VLJ-luolan rakentamista varten on tehty suunnittelutyötä ja kallioperätutkimuksia tämän vuosikymmenen alusta lähtien. Rakentamista varten tarvittavat selvitykset ja asiakirjat (alustava turvallisuusseloste PSAR) valmistuivat vuoden 1986 lopulla. Niiden perusteella ovat Eurajoen kunta ja Säteilyturvakeskus hyväksyneet hankkeen.

Ruotsissa vastaava loppusijoitustila SFR on rakennettu valmiiksi ja se otettiin käyttöön huhtikuun lopulla. SFR on rakennettu kallioon meren pohjan alle Forsmarkin voimalaitoksen lähelle. Tiloihin kuljetetaan laivalla matala- ja keskiaktiivinen jäte Ruotsin kaikilta neljältä voimalaitospaikalta. □

Veijo Ryhänen, TVO

# Ydinvoima ja ympäristö kansan kielellä

*ATS:n teemanumeroa varten Björn Wahlström on antanut lehdelle oikeuden lainata ydinvoiman ympäristöasioita käsitteleviä otteita hänen kirjastaan VILLAKOIRAN YDIN. Villakoiran ydin ilmestyi 1986 ja sen tarkoituksena on puhua ydinvoimasta asiantuntevasti kansankielellä. Olkoon siis seuraava teksti samalla esimerkki siitä, miten vaikeita asioita voidaan ilmaista helppotajuisesti.*

## ”Kylläpä sinä tänään näytät säteilevältä?”

Sinäkin säteilet kaiken päivää, usko tai älä. Kehossasi on radioaktiivista ainetta enemmän kuin arvaatkaan. Selkärangassa radiumia ja poloniumia, lihaksissa radioaktiivista kaliumia ja hiiltä, keuhkoissa tritiumia ja jalokaasuja. Kaikki ihmiset kaikkina aikoina ovat säteilleet. Ihmisen luonnollinen säteilyvoima on niin suuri, että tarkoitukseen soveltuva säteilymittarin sen havaitsee.

Luonnollinen säteily kannattaa muistaa, kun lukee kauhukuvauksia ihmisiä, eläimiä ja luontoa tappavasta radioaktiivisuudesta. Ihmisten touhuista riippumatta ympäristössämme on yli 70 radioaktiivista nuklidia.

Eikä säteilystä mitenkään eroon pääse, sillä sitä on luonnostaan kaikkialla: maassa, ilmassa, meressä, omassa talossasi, ruukkukasveissa ja ruukuttomissa, naapurin pystykorvassa, anopissa, serkun lapsissa. Myös esimiehesi säteilevät — ainakin tällä tavalla luonnostaan...

Maailmassa vilisee risteileviä ”radioaktiivisia säteitä” samalla tavoin kuin etterin täyttävät eri lähettimien radioaalto.

Lyhytikäiset radioaktiiviset aineet ovat olemassa vain joitakin sekunteja, minuut-

FL Björn Wahlström on Loviisan voimalaitoksen säteilysuojelupäällikkö, p. 915-550 420.



teja, tunteja tai päiviä. Niitä syntyy aina lisää eri luonnollisissa prosesseissa. Toisaalta on myös olemassa aineita joiden puoliintumisaika on miljoonia, miljardeja, biljoonia ja triljoonia vuosia. Osa on syntynyt jo maapallon muodostumisen yhteydessä.

Kuullaan välillä väitettävän, että luonto on sopeutunut luonnolliseen säteilyyn, mutta ei ihmisen aiheuttamaan keinotekoiseen. Tämä on hassusti sanottu, koska ”luonnollinen” ja ”keinotekoinen” säteily on laadultaan samanlaista. Säteily on säteilyä.

Säteilyn vaikutus aineeseen perustuu siihen, että se pystyy heilauttamaan atomin sähköistä tasapainoa, jos atomi sattuu sen tielle. Mistä kummasta atomi aavistaisi, millaisesta aineesta säteily on peräisin?

Sähkölaitteet toimivat yhtä lailla ydinsähköllä kuin vesi-, hiili- tai öljysähköllä. Sähkö on sähköä. Eivät sähkölaitteet tie-

dä mikä paneelissa kulkevat elektronit liikkeelle.

Eihän voida sanoa että radiovastaanottimet ovat sopeutuneet kymmeniä vuosia toimineiden radioasemien lähettämille radioaaltoille, muttei uusien paikallisradioiden lähetyksille. Eivät uudet radioasemat vaurioita vastaanotinta. Radioaalto ovat radioaaltoja. Säteily on säteilyä.

Ajatellaanpa hetki romanttista tähtien hohdetta lumihangella. On yhdentekevää, mikä osa valosta tulee Alfa Centaurista, mikä taas Tau Cetista tai jostakin aivan nimettömästä tähdestä. Vain tähtien yhteisellä valovoimalla on merkitystä — ja se kaikki hangen hohde on sitä samaa valoa.

Ydinvoimaloiden radioaktiivisuuspäästöt eroavat muista teollisuuden ja voimaloiden päästöistä siinä, että ne eivät sisällä mitään luonnolle vierasta tai outoa. Radioaktiivisuus on luonnolle luonnollista.

On kuitenkin aiheellista todeta, että liika on tietysti liikaa. Jos tähtien loiste olisi liian voimakasta, niin se häikäisi silmiä. Kysymys on määrästä. Määrä määrää riskitason. Jos sähkölaitteelle tarjotaan liikaa sähköä se palaa. Jos ympäristöön syötetään liikaa radioaktiivisuutta se kärsii.

Mutta kuinka paljon sitten on liian paljon, kun luonnollisten radioaktiivisten aineitten määrä vaihtelee eri paikoissa hyvin paljon. Jos vaikkapa annamme kesämökin luonnolliselle säteilylle arvon 1 (yksiköstä viis), niin säteily voi jo kirkonkylän huoltamolla olla 2 ja naapuritontilla ehkä 0,8.

Säteilyn voimakkuus vaihtelee erittäin merkittävästi myös vuodenajan ja sään mukaan. Joissakin paikoin luonnonaineitten säteily on yli 10, ja monissa suomalaiskodeissa yli 100. Suomalaiset ydinvoimalaitokset taas ovat vaikuttaneet samassa mittakaavassa säteilyyn pahimmissa tapauksessa 0,0005—0,003 yksikköä ja keskimäärin murto-osan siitä. Luvut eivät ole luullun arvailua — ne voi jokainen epäilevä Tuomas tarkistaa asiantuntevilta tahoilta. Käytetty yksikkö on nimeltään ”millisievert vuodessa”.

On vaikeata keksiä tapaa jolla kuvattaisiin niin pientä riskiä kuin mitä 0,0005—0,003 millisievert vuodessa edustaa. Itse kukin meistä saa päivässä (!) kotonaan suuremman annoksen.”

## ”Päästöt, säteily ja sää

Uskotko syövä tai perinnöllisten vaurioiden riskin kasvavan, kun säätila muuttuu? Vai et. No, uskotko syöpäriskin lisääntyvän ydinvoimalan läheisyydessä? Niin ainakin uskoo kotimaisen gallupin mukaan 70 % suomalaisista. Eihän kukaan tietenkään ole peloissaan siksi, että lumikerroksen paksuus vaihtelee — mutta se seikka vaikuttaa todella luonnon säteilytasoon paljon enemmän kuin ydinvoimaloiden päästöt. Paljas maa säteilee voimakkaammin kuin lumipeitteinen.

Yhteiskunta vilisee riskejä, jotka voidaan sattuneiden tapausten perusteella määrittää tarkasti. Riski jäädä junan alle, saada infarkti, tulla raskaaksi e-pillereistä huolimatta, hukkuu tai tulla murhatuksi tiedetään suurella tarkkuudella tilastojen pohjalta. Pieniin säteilyannoksiin liittyvät riskit sen sijaan ovat niin pieniä, että niitä ei voi mitata, eikä vahinkoja pysty havaitsemaan tai osoittamaan. Siksi pienten säteilyannosten riski on arviopeliä.

Tässä asiantuntija joutuu hankalaan välikäteen: Jos riski kerran on niin pieni, ettei sitä pysty toteamaan, voidaan heti väittää, että ”edes asiantuntijat eivät tunne pienten säteilyannosten aiheuttamaa riskiä”.

On toki paremmin näin, sillä jos riskin voisi mitata ja numeroin määrittää, se olisi suurempi kuin se tosiasia on.”

”Arvioitaessa todennäköisyyttä kuolla säteilyn aiheuttamaan syöpään on ”virallisen” suosituksen mukaan käytettävä riskiarviota ”yksi tapaus 100 mansievertin suuruisista kollektiivista säteilyannosta kohti”. Huh... Alan ihmisille tuo lause on pössinlihaa, mutta kukaan muu ei varmuna viisastu siitä. Ja alan ihmiset tiesivät sen jo ennestään.

Ehkä läheisellä esimerkillä voidaan helpoimmiten kuvata, mitä tuo riskiarvio käytännössä merkitsee: Ydinvoimalaitosten päästötiedoista, ilmatieteellisistä tiedoista sekä leviämisen ja annosmalleista voidaan laskea minkälaisen ”kollektiivisen säteilyannoksen” kansa saa voimailoistaan. Kollektiivinen annos tarkoittaa kaikkien henkilöiden annosten summaa, ja sen yksikkö on mansievert. Sekä Loviisan että Olkiluodon voimalaitosten ympäristölle aiheuttama kollektiivinen annos on keskimäärin ollut alle 0,01 mansievertiä vuotta kohti.

Jos tämä taso säilyy tulevaisuudessakin ja veikkaamme laitosten käyttöäksi esim. 30 vuotta, on ydinvoimaloiden käytön ympäristössä aiheuttama kollektiivinen kokonaissäteilyannos kummassakin ta-

pauksessa 0,30 mansievertiä. Kaikki Suomen nykyiset laitokset aiheuttaisivat tällöin yhteensä 0,60 mansievertiä.

100 mansievertiä aiheuttaa yhden syöpäkuoleman, niin 0,60 aiheuttaa ”0,006 tapusta”. Käytännössä siis ei todennäköisesti aiheutuisi yhtään. Samassa väestöryhmässä kuitenkin 350 000 ihmistä kuolee muista syistä aiheutuvaan syöpään.

Mutaation eli perinnöllisen vaurion riskiä pidetään asiantuntijapiirissä syöpää selvästi pienempänä uhkana.

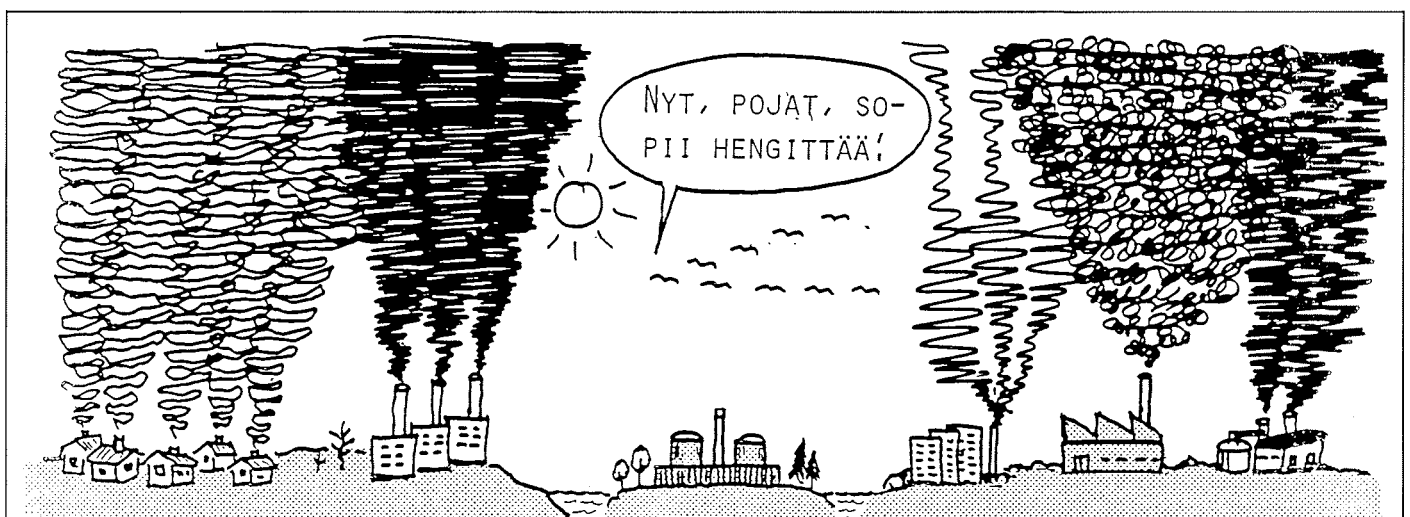
Ajatellaanpa hetki Japania vuonna 1945. Silloin kymmenet tuhannet japanilaiset pommin uhrin saivat erisuuruisia säteilyannoksia. Seuraavina 40 vuotena on syntynyt 80 000 lasta ja lapsenlasta. Näissäkään ei ole esiintynyt sellaisia vaikutuksia, joista olisi mahdollista päätellä perinnöllisen vaurion todettu riskitekijä. Arviot mutaatorisikeistä perustuvat arveluihin ja kokeisiin, joissa on säteilytetty hiiriä, banaanikärpäsiä ja kasveja suurilla säteilyannoksilla.”

”Mutta numerot sikseen. Jokainen voi itse harkita esimerkin voimin, onko mutaatio- ja syöpäriski niin suuri, että sitä kannattaa yhä uudelleen vatvoa ydinvoimakeskustelussa.

Totuus on, että ydinvoimaloidemme vaikutus ympäristön luonnollisiin säteilytasoihin on pienempi kuin sateiden, lumikerroksen paksuuden, vuodenaikojen tai matala- ja korkeapaineiden aiheuttamat säteilytasojen vaihtelut.”

## ”Vain ohut omenankuori

Avaruus ei ole täynnä ilmaa, eikä se mitä päästämme taivaalle katoa avaruuteen. Maapalloa ympäröi aivan ohut ilmakerros, joka hienon harson tapaan sulkee maapallon syliinsä. Jos maapallo olisi omena, niin ilmaa olisi kuoren verran. Tähän ohueen ilmakalvoon ihminen puhaltaa vuosittain satoja miljoonia tonneja maallisia epäpuhtauksia.



Sata miljoonaa tonnia hiukkasia on paljon. Jos edellisestä siivouksesta on ehtinyt vierähtää toinenkin tovi, saat pölypussiisi ehkä 100 g nöyhtää. Siinä tapauksessa tarvitsisit 10 000 pölypussia yhden pölytonnin keräämiseen. Kerro sitten tuo määrä tuhannella ja jälleen tuhannella ja edelleen muutamalla sadalla, niin tiedät minkä verran ihmiskunta tupruttaa taivaalle vuosittain pölyhiukkasia.

Jos maapallo olisi pallokartta, niin se kerros ilmakehästä, jossa ihminen pystyy hengittämään ilman happipulloja, olisi yhtä ohut kuin lakkakerros pallokartan pinnassa. Siihen me kuitenkin, hiukkasten lisäksi tuppaamme vuosittain myös lähes 100 miljoonaa tonnia rikkidioksidiä. Kaikki mitä maailman piiput puhaltavat ulos, "omenankuori" hengittää sisään.

Rikkidioksidi muodostaa muutamassa tunnissa tai vuorokaudessa ilman hapen ja kosteuden kanssa rikkihappoa, hoo-kaks-es-oo-nelosta, kuten koulussa opetettiin. Se laskeutuu sateen mukana taikaisin maan päälle, metsiin ja järviin.

Ihminen viisautessaan tuottaa 70 kertaa enemmän rikkidioksidiä kuin sen ainoa suoranaisten luonnollinen lähde, tulivuoret. Välillisesti rikkidioksidiä muodostuu kylläkin myös maatumis- ja lahoamisprosesseissa.

Syylisiä ovat liikenne, teollisuus ja energiantuotanto, pahinta hiilen ja öljytuotteiden eli fossiilisten polttoaineiden polttaminen. Ilmakehän säilymistä ajatellen hiili on öljyä pahempi peikko, sillä öljy loppuu ajoissa, mutta hiiltä uhkaa riittää vielä vuosisatoja.

Ihmiskunta ei kuitenkaan tyydy tähän sottaamiseen vaan tuuppaa ilmakehään hiukkasten ja rikin lisäksi muutakin. Ohut omenankuori saa vastaanottaa vuosittain myös 60 miljoonaa tonnia typpioksideja, jotka syntyvät, kun ilman typpi ja happi yhtyvät palamisprosessissa. Ja kun nämä typpioksidit puolestaan takerutvat ilman vapaaseen happeen ja reagoivat auringon ultraviolettiäteiden kanssa syntyy otsonia. Otsoni on äkäinen aine, joka iloisesti reagoi muiden aineiden kanssa. Liian suurina pitoisuuksina se pystyy vaurioittamaan niin erilaisia pintamateriaaleja kuin metsiä ja kasveja, neulasia ja lehtiä.

Fossiilisten polttoaineiden käytön vuoksi on myös ilmakehän hiilidioksidipitoisuus viime vuosisadan aikana kasvanut neljänkaksella. Tonneissa mitattuna ihminen tuottaa sata kertaa enemmän hiilidioksidia kuin kaikkia edellä mainittuja ilmaansaasteita yhteensä. Pitkällä tähtäimellä tällä voi olla vaikutuksia ilmastoon. Puhutaan ns. kasvihuoneilmästä.

Mutta mitä tekemistä tällä kaikella on ydinvoiman kanssa? Siinäpä se. Ei mitään, ei yhtikäs mitään..." □

Lasse Mattila, Risto Sairanen, VTT

## Ydinenergiatutkimuksen tarve Suomessa

**Atomienergianeuvottelukunta julkaisi juuri ennen kautensa päättymistä helmikuussa 1988 selvityksen ydinenergiatutkimuksen tarpeesta Suomessa 1990-luvun puoliväliin asti. Tutkimustarveselvitys myös täydentää ja syventää omalla sektorillaan kauppa- ja teollisuusministeriön energiatutkimustoimikunnan mietintöä koko energiatutkimustoiminnan suuntaviivoista (Komiteamietintö 1987:46). Erityisesti atomienergianeuvottelukunta arvioi ja perustelee julkisin varoin rahoitettavan ydinenergiatutkimuksen tarvetta.**

Selvitys on viimeinen osa neuvottelukunnan laajasta ydinenergia-alan tutkimuksen ja koulutuksen arviointi- ja suunnitteluhankkeesta, josta on jo aiemmin julkaistu raportit "Ydinenergia-alan koulutuksen nykytilanne ja kehittämistarpeet" sekä "Ydinenergiatutkimuksen tulokselli-

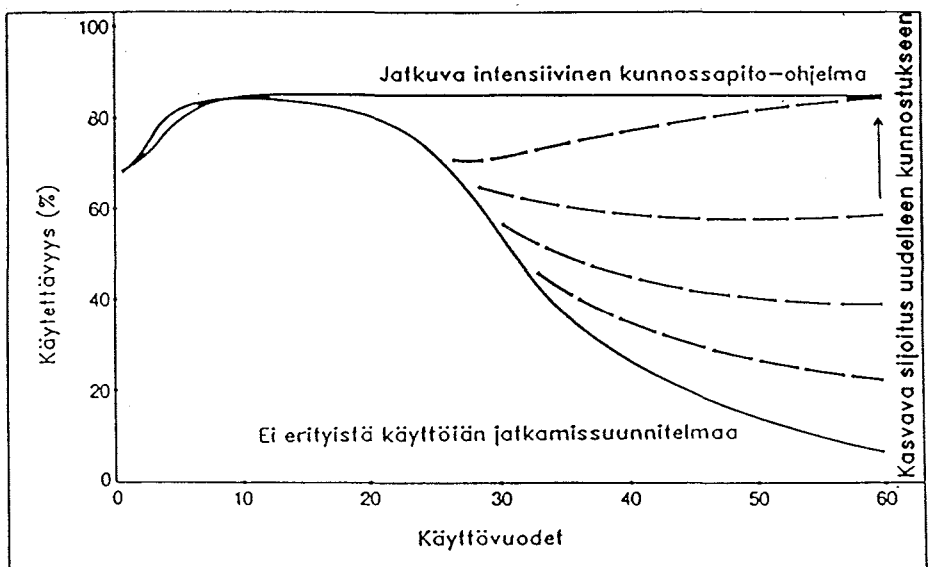
suus" (Kts. ATS Ydintekniikka 4/87 ja 1/88).

Tutkimustarvearvion valmisteli AEN:n asettama johtoryhmä, johon kuuluivat TkT Lasse Mattila (puheenjohtaja), TkL Jukka Laaksonen (työn alkuvaiheessa), FM Hannu Koponen (työn loppuvaiheessa), TkL Ami Rastas, TkT Seppo Vuori ja TkL Heikki Väyrynen. Sihteerinä toimi TkL Risto Sairanen.

**Tavoitteena nykyisten ydinvoimalaitosten turvallinen ja luotettava käyttö sekä ydinenergiavaihtoehdon säilyttäminen**

Ydinenergiatutkimuksen lähtökohdat ja niistä seuraavat yleiset tavoitteet asetetaan seuraavasti:

- Nykyisten laitosten käyttöä jatketaan niin pitkään kuin se on turvallista ja taloudellisesti perusteltua.
- Niillä toteutetaan oman ja kansainvälisen kokemuksen perusteella tarkoituksenmukaisia ja kehittyvän teknologian mahdollistamia turvallisuutta, käyttövarmuutta ja taloudellisuutta edistäviä parannuksia. Laitosten ylläpidossa ja kehittämisessä varaudutaan myös käyttöiän pidentämiseen.



Käyttöiän ja kunnossapitotoiminnan vaikutus voimalaitoksen käytettävyyteen (perustuu lähinnä konventionaalisilta voimalaitoksilta saatuun kokemukseen). Jatkuvan intensiivisen kunnossapidon merkitys korostuu ydinvoimalaitoksilla, joissa turvallisuutta vaarantavat ikääntymisilmiöt on erityisesti otettava huomioon. Parasta on noudattaa samantapaista periaatetta kuin liikennealentokoneissa eli pitää laitos jatkuvasti olennaisesti uutta vastaavassa kunnossa.

- Ydinjätehuollon toteutusta jatketaan valtioneuvoston vuoden 1983 periaatepäätöksen mukaisesti.
- Ylläpidetään ydinenergiavaihtoehto. Seurataan reaktoriteknikan kehitymistä, jotta kaikissa tilanteissa pystytään hyödyntämään parasta kulloinkin saatavilla olevaa teknologiaa.

## Julkiselta taholta edellytetään erityistä huolenpitoa tutkimuksesta ja koulutuksesta

Julkisin varoin rahoitettavalla tutkimuksella tulee erityisesti turvata päätöksenteon tietopohja, riippumaton turvallisuusvalvonta, toimintavalmius poikkeustilanteissa sekä kotimaisen asiantuntemuksen saatavuus ja korkea taso. Julkista rahoitusta voidaan tarvita hyvin käytännönläheisiin tutkimushankkeisiin, kun esim. valmistellaan uusia turvallisuutta koskevia vaatimuksia tai kun uutta tietoa tarvitaan nopeasti turvallisuutta koskevan päätöksenteon pohjaksi. Julkisen rahoituksen varaan jäävät yleensä myös perustaa luova tutkimus, teknologisen perustiedon hankinta muista ydinenergiamaista sekä aivan uusien aiheiden tutkimuksen käynnistäminen. Korkea, omaan aktiiviseen tutkimukseen perustuva tietämyksen taso on välttämätön edellytys tehokkaalle kansainvälisten yhteistyömahdollisuuksien hyödyntämiselle.

## Laajoilla tutkimuskokonaisuuksilla kohdistuvuutta, syvyyttä ja tehokkuutta

Ydinenergian menestyksellinen hyödyntäminen edellyttää korkeatasoista kansallista asiantuntemusta ja ydinenergian käytölle on asetettu erityisen tiukat turvallisuusvaatimukset. Tämän vuoksi kotimainen perusasiantuntemus tulee ylläpitää kaikilla tarvittavilla tekniikan ja tieteen osa-alueilla. Toisaalta ydinenergiatutkimuksessakin tarvitaan painoalueajattelua. On perusteltua muodostaa nykyistä laajemmin pitkäjänteisiä tavoitteellisia tutkimuskokonaisuuksia, kuten kattavia kansallisesti koordinoituja tutkimusohjelmia. Laajat tutkimuskokonaisuudet voidaan toteuttaa niin, että ne samalla tukevat asiantuntijoiden koulutusta ja tehokasta osallistumista kansainväliseen yhteistyöhön. Käytännössä huomattava osa ydinenergiatutkimuksesta tapahtuu jo nykyiselläänkin pitkäjänteisinä ja koordinoituna hankkeina joiden ohjauksessa atomienergianeuvottelukunnan jaostot olennaisesti avustivat kauppa- ja teollisuusministeriötä. Tutkimusasiat on määritelty keskeisiksi myös maaliskuun alussa asetetulle ydinenergianeuvottelukunnalle.

Ydinenergiatutkimuksen painoalueiksi tarkastelukaudella esitetään:

**Ydinvoimalaitosten käyttöturvallisuus**, erityisesti korkea turvallisuus- ja käyttövarmuustasoa uhkaavien ikääntymisilmiöiden etsintä ja eliminointi, edellytysten luominen laitosten käyttöänsä pidentämiselle, käyttökokemustiedon hyödyntämi-

## YDINENERGIATUTKIMUS SUOMESSA 1988 - 1995 KESKEISET PÄÄMÄÄRÄT JA KEINOT

### PÄÄMÄÄRÄT

#### EDISTETÄÄN NYKYISTEN LAITOSTEN TURVALLISTA JA TALOUDELLISTA KÄYTTÖÄ

- o TURVALLISUUS
- o KÄYTTÖVARMUUS JA TALOUDELLISUUS
- o YDINJÄTEHUOLLON TOTEUTUS

#### LUODAAN EDELLYTYKSIÄ ENERGIANTUOTANNON MONIPUOLISUUDELLE JA VARMUDELLE

- o YDINENERGIAVAIHTOEHDON SÄILYTTÄMINEN
- o YDINENERGIAN UUDET KÄYTTÖMUODOT

#### EDISTETÄÄN OMAVARAISUUTTA JA KORKEAA KOTIMAISUUSASTETTA

- o NYKYISTEN LAITOSTEN KUNNSSAPITO
- o UUSIEN LAITOSTEN SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

### KEINOJA

#### HYÖDYNNETÄÄN KANSAINVÄLISEN YHTEISTYÖN MAHDOLLISUUDET

- o TASO, KATTAVUUS, TALOUDELLISUUS
- o PERUSTEKNOLOGIA
- o KÄYTTÖKOKEMUS

#### KÄYTETÄÄN HYVÄKSI KAIKKIEN KOTIMAISTEN TAHOJEN OSAAMINEN

- o TUTKIMUSLAITOKSET, KORKEAKOULUT
- o VOIMAYHTIÖT, TEOLLISUUS
- o VIRANOMAISET
- o ERITYISET YHTEISTYÖELIMET

#### YLLÄPIDETÄÄN KOTIMAINEN ASIAANTUNTEMUS

- o MÄÄRÄ, LAATU, JÄTKUVUUS
- o KOULUTUS JA PERUSTUTKIMUS
- o VIRANOMAISTEN RIIPPUMATTOMUUS

#### TOTEUTETAAN LISÄÄNTYVÄSTI TAVOITTEELLISIA, LAAJOJA TUTKIMUSKOKONAISUUKSIA

- o TUTKIMUKSEN RUNKO-OHJELMAT
- o PRIORISOINTI, HUOLELLINEN SUUNNITTELU JA SEURANTA
- o KANSALLISET TUTKIMUSOHJELMAT
- o MUUT TUTKIMUSKOKONAISUUDET

#### KÄYTETÄÄN HYVÄKSI ERI TEKNOLOGIOIDEN VÄLISIÄ SYNERGIA-MAHDOLLISUUKSIA

- o ASIAANTUNTIJAT
- o LAITTEISTOT
- o RAHOITUS

nen, inhimillisen tekijän huomioonottaminen ja häiriö- ja onnettomuustilanteiden hallinta, sekä

**Ydinjätehuollon turvallisuus**, erityisesti käytetyn polttoaineen loppusijoitus (lopullisen sijoituspaikan valinta, turvallisuusanalyysit ja turvallisuusanalyysissä tarvittavien sijoituspaikkakohtaisten lähtötietojen hankinta).

Huolellisesti suunniteltua kansainväliseen yhteistyöhön osallistumista edellyttäviä tutkimuksen erityisaiheita ovat:

**1990-luvun reaktorityypit** erityisesti ns. jatkokehityt kevytvesireaktorit, sekä

**Fuusioteknologia.**

## Rahoituksen kehittämisehdotus

Julkisin varoin rahoitetun ydinenergiatutkimuksen laajuus tulee esitettyjen tutkimuskokonaisuuksien käynnistämiseksi sekä tarvittavan kansainvälisen yhteistyön mahdollistamiseksi nostaa nykyiseltä n. 140 henkilötyövuotta/vuosi tasolta noin tasolle 170 henkilötyövuotta/vuosi. Tämä edellyttää KTM:n ydinenergiatutkimusmäärärahojen kasvattamista nykytasolta

20 Mmk/v tasolle 29 Mmk/vuosi vuoteen 1993 mennessä. Voimayhtiöiden. säteilyturvakeskuksen ja Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen edellytetään tällöin jatkavan ydinenergiatutkimuksen rahoitustaan vähintäänkin nykytasolla. □

*Raportti Ydinenergiatutkimuksen tarve Suomessa vuosina 1988—1995, KTM/Energiaosasto Sarja C:17, on saatavissa kirjoittajilta ja KTM:n energiaosaston atomitoimistosta sekä tilattavissa Valtion painatuskeskuksesta (puh. 90-566 0266)*

TkT Lasse Mattila työskentelee VTT:n ydinvoimateknikan laboratoriossa ja on Atomienergianeuvottelukunnan ydinturvallisuustoimikunnan puheenjohtaja.

TkL Risto Sairanen on VTT:n ydinvoimateknikan laboratorion ydinvoimaloiden prosessitekniikan jaoston erikoistutkija, p. 90-648 931.

## TVO:lle oma koulutussimulaattori

***Teollisuuden Voiman käyttöhenkilökunnan koulutusedellytykset paranevat merkittävästi, kun yhtiö hankkii oman koulutussimulaattorin Olkiluotoon. Simulaattorin toimittaa amerikkalainen Singer Link-yhtymä ja sen on määrä valmistua kahden vuoden kuluttua.***

Hankkeen kotimaisuusaste on huomattava, sillä simulaattorin valvomopulpetit ja -taulut on tilattu Strömberg Oy:ltä. Myös TVO on simulaattorin rakentamisessa mukana merkittävällä panoksella. Yhtiön puolesta simulaattorin rakentamiseen USA:ssa osallistuu neljän hengen pysyvä ryhmä, joka palaa Suomeen valmiin simulaattorin mukana vuoden 1990 alussa. Simulaattorivalvomo rakennetaan täysimittaiseksi ja identtiseksi TVO:n laitosyksiköiden valvomoiden kanssa. Simulaattori edustaa lajissaan uudenaikaisinta tekniikkaa.

### **Koulutus tehostuu**

Tähän asti TVO:n käyttöhenkilökunnan simulaattorikoulutus on hoidettu Ruotsissa Barsebäck 1-laitosta vastaavalla simulaattorilla. Oman koulutussimulaattorin valmistuminen Olkiluotoon parantaa koulutusedellytyksiä huomattavasti. Sen myötä yhtiö saa hyvin monipuoliset ja joustavat koulutusmahdollisuudet. Simulaattorin avulla voidaan tavanomaisen käyttöharjoittelun lisäksi tuottaa myös sellaisia tilanteita, joita toimivassa laitoksessa ei ole mahdollista harjoitella. Näin voidaan kehittää henkilökunnan toimintavalmiuksia myös epätavallisissa käyttötilanteissa ja siten vähentää entisestään inhimillisten erehdysten mahdollisuutta.

Simulaattoria käytetään hyväksi myös yhtiön muun henkilökunnan koulutuksessa, samoin valvomoiden edelleen kehittämisessä. Myös Olkiluodossa käyvät vierailuryhmät saavat tutustua tähän moderneinta tekniikkaa edustavaan simulaattorivalvomoon.

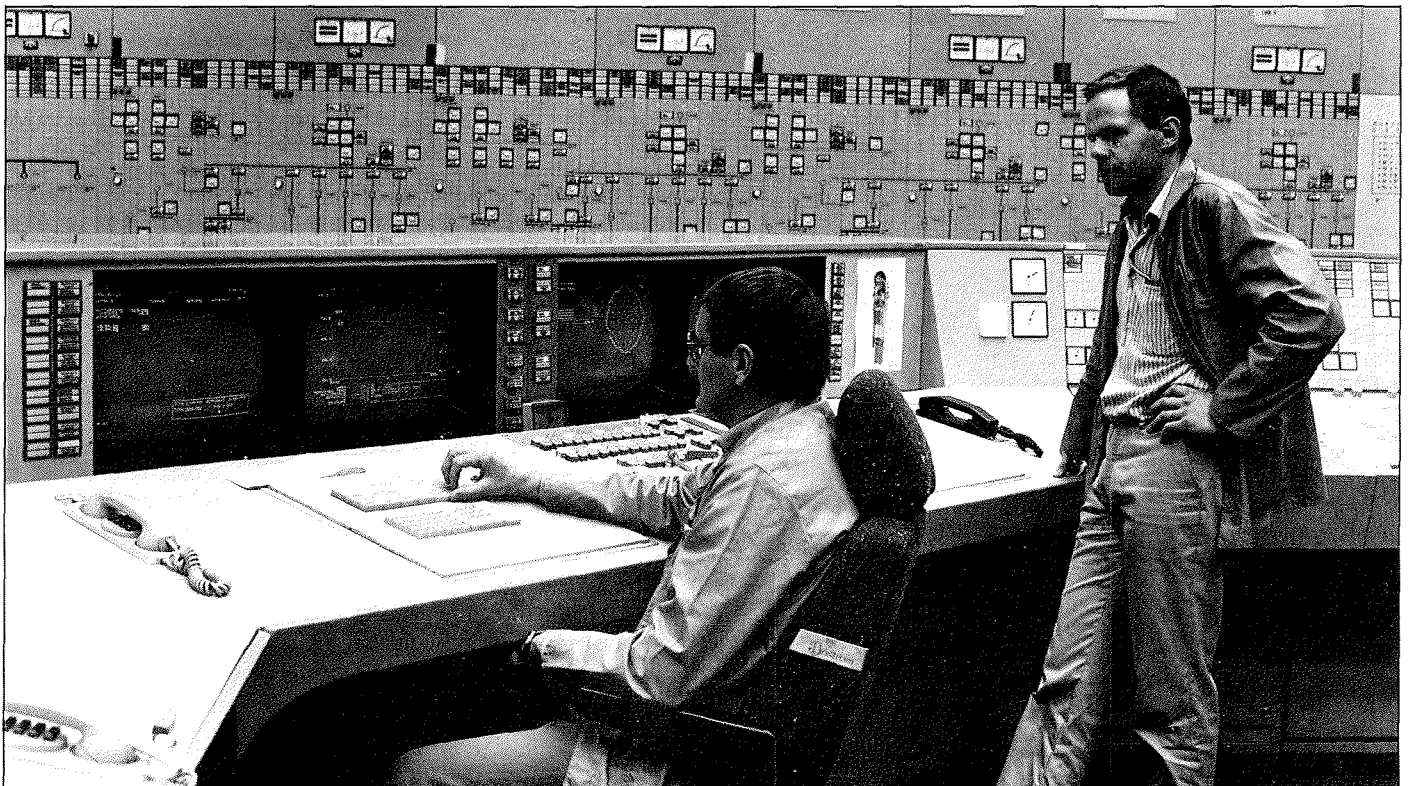
### **Kokenut toimittaja**

Perusteellisten selvitysten jälkeen TVO valitsi simulaattorinsa toimittajaksi Singer Link-yhtymän. Alunperin ompe-lualan yrityksenä tunnettu Singer on laajentanut toimintaansa voimakkaasti ilmailualan elektroniikkaan ja erityisesti lentokone-, avaruussukkula-, laivasto- sekä voimalaitossimulaattorien valmistukseen. Lentokonehan muistuttaakin paljon ydinvoimalaitosta siinä mielessä, että kummallakin on toiminnan aikana hankala harjoitella — harjoittelu voi tulla sekä vaaralliseksi että kalliiksi.

Singer Linkillä on maailmassa eniten kokemusta simulaattoreiden valmistamisesta, mikä seikka tietenkin painoi paljon TVO:nkin valinnassa. Singer on tehnyt tähän mennessä kaikkiaan 63 ydinvoimalaitoksen simulaattoria, joista 28 on Olkiluodon tyyppisiä kiehumisvesireaktori- eli BWR-laitteistoja.

### **Omat kouluttajat**

Kouluttajat uudella simulaattorilla tulevat olemaan TVO:n omaa väkeä. Tähän mennessäkin TVO:laisten koulutus Ruotsin simulaattorilla on hoidettu yhtiön omien kouluttajien voimin, mutta Olkiluodon simulaattorin valmistuttua kouluttajia tarvitaan huomattavasti lisää. Uusien kouluttajien koulutus tarjoaakin omalta osaltaan yhtiöön tämän vuoden alusta perustetulle koulutustoimistolle haasteellista työtä. Simulaattoriprojekti antaa koulutusaineiston luomisen yhteydessä huomattavan hyödyn tavallaan oheisetuna, sillä aineistoa kerättäessä ja muokattaessa henkilökunnan laitos-tietämys syvenee ja monipuolistuu entisestään. □



*Koulutussimulaattorin valvomo rakennetaan täysimittaiseksi ja identtiseksi TVO:n laitosyksiköiden valvomoiden kanssa.*



## Metsäteollisuuden sähköntarpeen näkymät

*Useat pitkäntähtäimen ennusteet lupaavat selvää kasvua metsäteollisuustuotteiden kulukselle kansainvälisesti. Metsä 2000 -ohjelman mukaan Suomen metsien hakkuumahdollisuudet lisääntyvät. YK:n maatalous- ja elintarvikejärjestö FAO julkaisee pitkän aikavälin metsäteollisuustuotteiden kulusarvioita. Näiden selvitysten mukaan metsäteollisuus on selvä kasvusektori. Markkinoita näyttäisi siten kasvavalle suomalaiselle tuotannolle olevan. Keskeinen kysymys on, ovatko tuotteemme kilpailukykyisiä.*

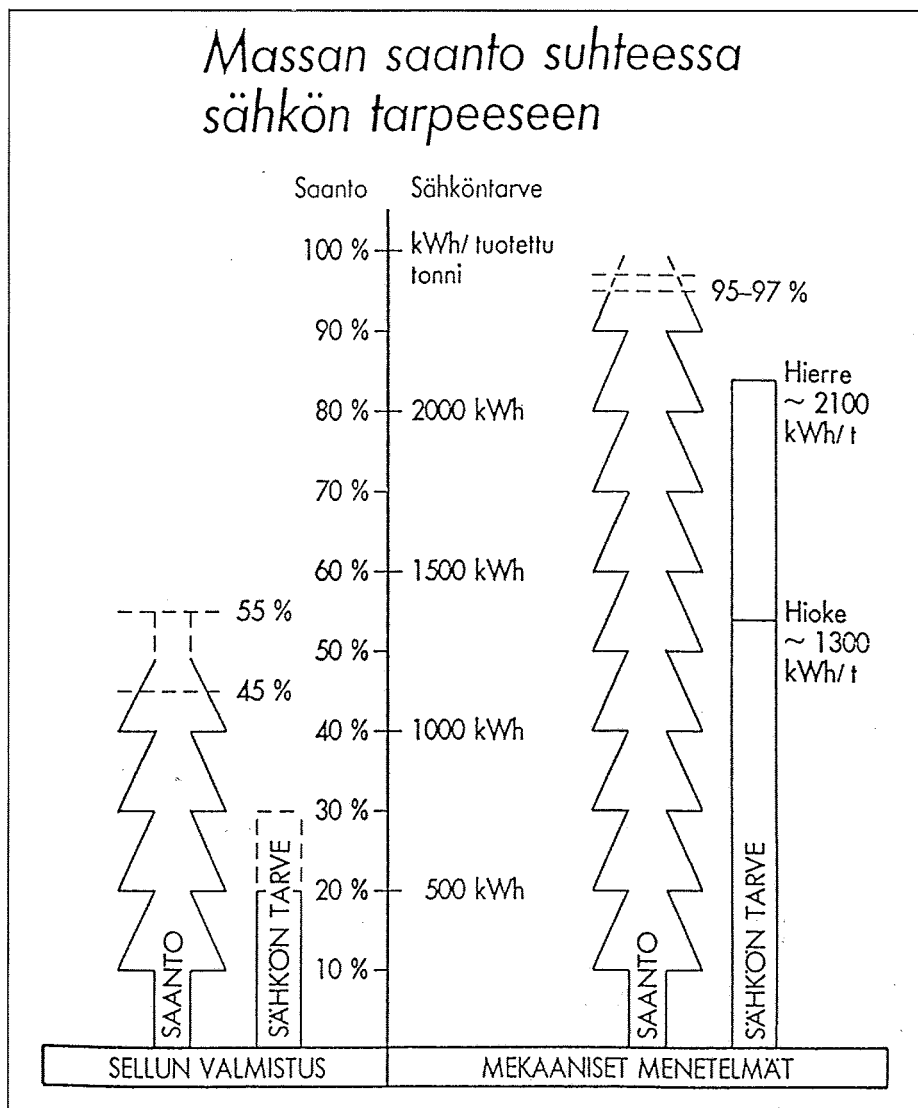
Tuotteiden kysyntä näyttää kehittyvän maailmalla varsin suotuisasti. Paperin ja kartongin kulutuksen arvioidaan jatkuvan runsaan 3 prosentin vuosivauhtia. Keskiarvoa voimakkaammin kasvaa paino- ja kirjoituspapereiden kulutus; molempien arvioiden mukaan yli 4 prosentin vuosivauhtia. Kun näiden paperilaatujen kulutus maailmalla vuonna 1984 oli 48,8 milj. tonnia, nousisi se 1990-luvun puolivälissä 73,6—75,5 milj. tonniin.

Länsi-Euroopan markkinoilla on kuluvana vuosikymmenenä tapahtunut selviä rakenteellisia muutoksia. Uutta kapasiteettia on syntynyt niin lyhytkuituisessa massassa kuin sahatavarassakin.

Sellun uusi tuotantokapasiteetti Portugalissa ja Espanjassa perustuu nopeakiertoiseen eykalyptukseen ja markkinoiden läheisyyteen. On todennäköistä, että suunnitelmia tähän selluun perustuvan paperikapasiteetin rakentamiseksi on myös olemassa.

Muuttuva markkinakuva korostaa entistä enemmän kilpailukyyn vaatimusta. Tuotantorakenteen kehittäminen ja tuotannon kasvattaminen saattaa tulevaisuudessa merkitä entistä suurempaa pääomapanosta. Matalan inflaation, korkean reaalikoron ja vahvan markan aikana tämä kehitys edellyttää myös aiempaa suurempaa omarahoitusosuutta investoinneilta. Vain kannattava tuotanto antaa tähän mahdollisuuden.

### Massan saanto suhteessa sähkön tarpeeseen



### Sähköntarve Suomen metsäteollisuudessa

Teollisuutemme tarvitsemasta sähköntarpeesta on vuosien kuluessa tehty lukuisia arvioita. Nämä kaikki ovat yhtäpitävästi ennustaneet, että sähköntarve tulee jatkuvasti kasvamaan. Viimeinen, keväällä 1987 suoritettu, yritys kyselyyn sekä toimialakohtaisiin kokonaistarkasteluihin perustuva arvio osoittaa, että teollisuuden sähköntarve tulee tämän vuosituhannen loppuun mennessä kasvamaan vieläkin enemmän kuin mihin aiemmissa arvioissa

päädettiin. Metsäteollisuuden tämänhetkinen tarvearvio on seuraava (TWh):

1985	1987	1990	1995	2000
15,6	16,9	19,0	22,0	23,0

DI Pertti Laine toimii Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitossa osastopäällikkönä, p. 90-13 261.

Arvio merkitsee sitä, että metsäteollisuuden sähköntarpeen lisäys 5-vuotisjaksoin on 3,4 TWh, 3,0 TWh ja 1,0 TWh. Arvion mukaan sähköntarpeen kasvu painottuu 1990-luvun alkupuolelle, mutta on edelleen selvää myös vuosikymmenen lopulla. Syynä tähän tulokseen voi olla enustettavuuden heikkeneminen, kun aika-väli kasvaa.

Teollisuuden sähköhuollolliset tavoitteet ovat

- sähkön saannin, erikoisesti perusvoiman turvaaminen
- sähkön hinnan pysyttäminen reaalisesti nykyisellä tasolla
- sähkön säästeliäs käyttö niin, että tuotekohtaiset ominaiskulutukset ovat mahdollisimman pienet
- riittävän omavaraisuuden säilyttäminen sähköhuollossa sekä kilpailutilanteen säilyttäminen valtakunnallisesti.

Vuonna 1986 teollisuus oli suurin yksittäinen sähkön tuottajaryhmittymä. Sen osuus koko sähköntuotannosta oli 39 %. Voimayhtiöiden osuus oli 31 % ja valtion suora osuus 2 %. Kaupunkien oma tuotanto edusti 16 %. Lisäksi maahan tuotiin sähköä noin 12 % koko hankitun sähkön määrästä. Sähkön tuotanto on maassamme näin ollen monipuolinen ja hajautettu ja tällä hetkellä tuottajaryhmittymien välillä vallitsee selkeä kilpailutilanne.

### Energiatutkimus

Metsäteollisuuden energiakäytön tehokkuuden paranemisen kulmakivenä on ollut aktiivinen energiatutkimus. Varsinkin lämpöenergian ja polttoaineiden käytön tehostuminen oli monissa tehtaissa suorastaan harppauksenomaista, kun järjestelmällinen tutkimus- ja selvitystoiminta sai vauhtia viime vuosikymmenen vaihteen tienoilla.

Ne käyttötapojen muutokset ja investoinnit, jotka tehtiin ensimmäisessä vaiheessa ovat edelleen käytössä. Tällöin oli monesti kyse suhteellisen pienistä investoinneista ja erittäin kannattavista hankkeista. Toisessa vaiheessa — kun ns. helpot keinot oli käytetty — tarvittiin jo tuntuvia investointeja energiatalouteen.

Kun polttoaineiden hinnat nousivat, ovat myös nämä investoinnit maksaneet itsensä takaisin ja muodostuneet osaksi arkipäiväistä tuotantotekniikkaa.

Sähkön käyttöön liittyvällä tutkimuksella on edelleen suuria haasteita edessään. Koska sähkö on aina ollut kallista, ei sen käyttötavoissa ole myöskään syntynyt selkeä potentiaalia, jossa olisi voitu käyttää tapoja ja laitetekniikkaa järjehtämällä saavuttaa helppoja säästöjä.

Toki esimerkiksi pumppaustekniikassa ja automatisoinnissa on pystytty myös teknologiahyppyksiin, mutta tärkein sähköä käyttävä yksikköprosessi eli mekaaniset massanvalmistusmenetelmät tarjoavat jatkuvia tutkimushaasteita. □

Patrick Reyners, OECD/NEA

## Ydinvastuun kantaminen kansainvälisenä yhteistyönä

**Kansainvälisellä yhteistyöllä pyritään varmistamaan, että vahinkoakärsineet saavat kohtuulliset korvaukset menetyksistään, mikäli Euroopassa mahdollisesti tapahtuu ydinonnettomuus. Tshernobylin onnettomuus toi esille sekä puutteita että lisäselvityksiä kaipaavia kohtia nykyisin voimassa olevassa järjestelmässä. OECD:n ydinenergiatoimisto NEA pitää järjestelmän kehitysmahdollisuuksia hyvinä. Näin kertoi NEA:n oikeudellisen osaston päällikkö Patrick Reyners esitelmässään ATS:n kokouksessa 18.4.1988. Reyners vieraili Suomessa "Kansainvälisen Ydinlakiyhdistyksen Suomessa INLAN" ja ATS:n kutsusta. Julkaisemme ohessa otteita Reynersin esitelmästä.**

"Atomienergian tuotantoon ja käyttöön liittyy vaaroja, jotka ovat täysin erilaisia kuin ne vaarat, jotka maailma on jo kauan tuntenut." Nämä vuonna 1960 kirjoitetut Pariisin sopimuksen virallisten perustelujen alkusanat kuulostavat oikeaan osuneilta nyt, kun Tshernobylin onnettomuuden jälkimainingit ovat vielä tunnettavissa. Tasapuolisuuden nimissä on sanottava, että ydinenergian turvallisuustilastot ovat olleet tyydyttävät sen käyttöönotosta kuluneiden neljän vuosikymmenen ajan. Sitä vastoin teollistunutta maailmaamme on kohdannut monesta muusta tekijästä, kuten esimerkiksi myrkkymikaaaleista ja öljysaasteista aiheutuneita onnettomuuksia, joilla on ollut katastrofaalisia seurauksia väestölle ja ympäristölle.

Mutta nyt Euroopan mailla on edessään haaste: ydinvastuujärjestelyjen suojausasteen tehostaminen mahdollisia uhreja silmällä pitäen ja kansallisten lainsäädäntöjen harmonisointi.

### Pariisin ja Brysselin sopimukset

Useimmat Länsi-Euroopan ydinenergiaa käyttävät OECD-maat Suomi mukaanlukuun ovat huolehtineet ydinvastuustaan NEA:n hoitaman kansainvälisen järjestelmän puitteissa. Se pohjautuu Pariisin yleissopimukseen ja sitä täydentävään Brysselin lisäyleissopimukseen. Pariisin sopimukseen on liittynyt 14 maata, Brysselin lisäyleissopimukseen 11 maata. Vastavaan Kansainvälisen Atomienergiajärjestön, IAEA:n ydinvastuusopimukseen (Wienin sopimus) on liittynyt Euroopan maista vain Jugoslavia.

Pariisin ydinvastuusopimuksen mukaisen järjestelmän johtavat periaatteet ovat:

- vastuun kanalisointi onnettomuustapauksessa yksinomaan luvan saaneeseen ydinvoimalan haltijaan;
- laitoksenhaltijan ankara vastuu (syyllisyydestä riippumatta, — eli onko laitoksenhaltija syyllistynyt huolimattomuuteen, vaiko ei);
- laitoksenhaltijan vastuun määrällinen ja ajallinen rajoittaminen laissa säädettyyn enimmäismäärään ja aikajaksoon;
- laitoksenhaltijan vastuun vakuutusvelvollisuus (ydinvoimalan liikennevakuutus)
- valtion toissijainen vastuu laitoksenhaltijan vastuun ylittävistä vahingoista.

#### Pariisin ja Brysselin sopimuksiin liittyneet maat

Belgia	
Tanska	
Suomi	
Ranska	
Saksan liittotasavalta	
Kreikka	vain Pariisin sopimus
Italia	
Hollanti	
Norja	
Portugali	vain Pariisin sopimus
Espanja	
Ruotsi	
Englanti	
Turkki	vain Pariisin sopimus

Brysselin lisäyleissopimukseen liittyneet valtiot muodostavat taasen kolmannen portaan vastuurenkaan, elleivät kahden edellisen portaan korvaukset riitä kattamaan koko vahinkoa. Johtava ajatus on ollut luoda kansainvälinen järjestelmä, jonka perusteella vahinkoa kärsineet saavat mahdollisessa ydinvahinkotapauksessa mahdollisimman yksinkertaisesti kohtuullisen korvauksen. Normaalin vahingonkorvausjärjestelmän varassa korvauskysymykset muodostuisivat hyvin vaikeiksi.

Pariisin ja Brysselin sopimuksia on tarkistettu vuonna 1982. NEAssa odotetaan tarkistus sopimuksen tulevan voimaan vielä tämän vuoden kuluessa. Tarkistuksessa Brysselin sopimuksen korvausmääriä korotettiin kertoimella 2,5, mikä merkitsee sopimusvaltioiden toissijaisen vastuun kasvamista aina 300 miljoonaan SDR:ään, eli n. 1,6 miljardin markan määrään saakka. Laitoksenhaltijan vastuu ja vakuutusvelvollisuuden määrän nostaminen riippuu taas kansallisesta lainsäädännöstä.

### **Viimeaikainen kehitys**

Ydinvoimalainsäädännöstä vastuussa olevat tuntevat usein ylpeyttä innovatiivisten oikeudellisten ratkaisujen aikaansaamisesta, etenkin ydinvastuun alalla. Ajatellaan, että on oltu edellä aikaansa. Kuitenkin Tshernobylin onnettomuuden jälkeen on kysytty — ainakin Euroopassa — onko korvausjärjestelmä jäänytkin itseasiassa ajasta jälkeen.

Tshernobyl on todellakin tuottanut pettymyksen sekä kansallisen että kansainvälisen ydinenergiaoikeuden asiantuntijoille. Samalla se on myös opettanut heille vaatimattomuutta. Pettymys johtuu ensinnäkin siitä, ettei Euroopan maiden lähes kolmekymmentä vuotta sitten perustama, ja sittemmin jatkuvasti parantama vastuu- ja korvausjärjestelmä tullut sovellettavaksi ensimmäiseen kansainvälisiin seurauksia aiheuttaneeseen ydinonnettomuuteen. Vaatimattomuuden oppitunti johtuu taasen siitä, että onnettomuuden jotkut seuraukset ovat saaneet asiantuntijat epäilemään, että jos onnettomuus olisi sattunut jossain Länsi-Euroopan maassa, vastuu- ja korvausjärjestelmän soveltaminen olisi voinut kohdata Pariisin ja Brysselin sopimuksista huolimatta vakavia vaikeuksia.

On luultavasti liian varhaista arvioida sitä kokonaisvaikutusta, joka Tshernobylin

onnettomuudella on kansainväliseen vastuujärjestelmään. Tässä vaiheessa on keskitytty kolmeen näkökohtaan, jotka ovat

- 1) ongelma, joka aiheutuu vastuusopimusten rajoitetusta maantieteellisestä soveltamisalasta eli toisin sanoen näihin sopimuksiin liittyneiden maiden alhaisesta lukumäärästä,
- 2) kysymys rahallisen vakuuden suuruudesta sekä vastuun rajoittamisesta tai rajoittamattomuudesta sekä
- 3) vaikeudet, jotka liittyvät yleisön suojelemiseksi tehdyistä toimenpiteistä aiheutuneiden taloudellisten vahinkojen korvaamiseen.

### **Sopimusten soveltamislaajuus**

Sopimukset pohjautuvat sille periaatteelle, että niitä sovelletaan yksinomaan sopimusvaltioissa. Vaikka Neuvostoliitto ja muut Itä-Euroopan maat osallistuivatkin Wienin sopimuksen (IAEA:n ydinvastuusopimus) valmistelutyöhön, mikään niistä (poikkeuksena Jugoslavia) ei ole tähän mennessä liittynyt Wienin sopimukseen. Lisäksi Neuvostoliitossa ei ole erityistä ydinvastuuta koskevaa sisäistä lainsäädäntöä. Tshernobylin onnettomuus kuuluu näin ollen Ukrainan Neuvostotasavallan siviililainsäädännön piiriin.

Tämä selittää sen, miksi Länsi-Euroopan maiden täytyi tukeutua erityistoimenpiteisiin varmistukseksi korvaukset Tshernobylin onnettomuudesta johtuvista vahingoista: näiden maiden oma ydinlainsäädäntö ei ollut sovellettavissa Neuvostoliitossa sattuneeseen onnettomuuteen.

Pariisin ja Wienin sopimuksiin liittyneiden maiden riittämätön määrä onkin selvästi ongelma, vaikkakin Tshernobylin tapaus kohdistuu kipeimmin juuri Wienin sopimukseen. Kaiken kaikkiaan maailman noin 400 ydinvoimalasta kolme kuuluu Wienin sopimuksen piiriin ja yli 120 Pariisin sopimukseen. Jos tarkastellaan pelkästään Eurooppaa, Wienin sopimuksen piiriin kuuluvien lukumäärä putoaa yhteen voimalaitokseen, Pariisin sopimukseen kuuluvien luvun pysyessä tietysti muuttumattomana.

Parannuskeino on yksinkertainen: on tehtävä lisäponnisteluja uusien ydinlaitosten liittymiseksi ydinvastuusopimukseen. Neuvostoliiton ohella useat muutkaan suuret ydinvoimamaat, kuten Kanada, Yhdysvallat ja Japani, eivät ole liitty-

neet näihin sopimuksiin. Euroopan perspektiivistä tarkasteltuna ongelma koskee kuitenkin lähinnä SEV-maita.

Nykyisten näkymien perusteella ei näytä kovin todennäköiseltä, että Wienin sopimukseen liittyisi huomattava määrä uusia maita, ellei tehdä jotain sen uskottavuuden parantamiseksi. Wienin sopimuksen nykyaikaistamisen sijasta — ratkaisu, joka myös on mahdollinen — OECD/NEA ja IAEA lähtivät 70-luvulla tutkimaan toista mahdollisuutta — luoda Pariisin ja Wienin sopimusten välille yhteys, jolla olisi kahdenlainen tarkoitus:

- ratkaista mahdolliset oikeudelliset ristiriitaisuudet, jotka voisivat aiheutua kahden eri sopimuksen soveltamisesta samaan ydinonnettomuuteen (jos sopimusvaltiot kuuluisivat molempiin sopimusjärjestelmiin)
- vastuujärjestelmän laajentaminen kattamaan kummankin sopimuksen alueellinen soveltamisala, jotta ydinonnettomuuden vahinkoakarsineet saisivat laajemman suojan.

Tshernobylin onnettomuuden jälkeen tätä kysymystä tutkittiin aktiivisesti. Molempien järjestöjen toimivaltaiset elimet sopivat, että yksinkertaisin ja käytännöllisin ratkaisu tämän tarkoituksen saavuttamiseksi olisi luoda yhteys molempien sopimusten välille erityisen yhteispöytäkirjan avulla. Lokakuun 30 päivänä 1987 hyväksyttiin tällainen yhteispöytäkirjan teksti yksimielisesti Wienissä pidetyssä erityistyöryhmän kokouksessa, johon osallistui hallituksen asiantuntijoita IAEA:sta ja OECD/NEA:sta.

Tämä asiakirja odottaa parhaillaan molempien järjestöjen korkeimpien elinten hyväksymistä, nimittäin IAEA:n hallintoneuvoston ja OECD/NEA:n johtokunnan. On suunniteltu, että yhteispöytäkirja esiteltäisiin sen jälkeen diplomaattisessa konferenssissa mahdollista hyväksymistä ja allekirjoitusta varten.

### **Taloudellinen takuu ja vastuu**

Vaikka Pariisin ja Wienin sopimukset sallivatkin lainsäätäjille tietyn määrän joustavuutta, niissä olevien ydinlaitoksen haltijan kiinteiden vastuunrajoitusten enimmäismäärien päämääränä on kansallisten lainsäädäntöjen harmonisointi. Itse Brysselin lisäsovimus, samalla kun se luo mekanismin sopimusosapuolten varoista saatavien lisäkorvausten suorittamiseen,

pyrkii maailmanlaajuisesti ohjaamaan yhteen suuren luokan ydinonnettomuuden sattuessa käytettävissä olevat varat. Kenties siitä syystä, että vuoden 1982 pöytäkirjat eivät ole vielä astuneet voimaan ja kenties johtuen sisäpoliittisista syistä, vastuutasot ja taloudellinen takuu ovat tahtoneet vuosien mittaan kehittyä eri teitä. Joissain maissa rahan arvon huononeminen ja sisäisen lainsäädännön riittämättömän ajantasalla pitäminen ovat johtaneet huomattavan alhaisiin korvausmääriin. Joissain muissa maissa, joissa tukeudutaan lisäksi valtion toissijaiseen korvausjärjestelyyn, on ydinlaitoksen haltijan vastuu korotettu määriin, jotka itse asiassa ylittävät vastuusopimuksen vaatimukset. Eri maiden välillä vallitsee huomattavia eroja, jotka eivät suinkaan välttämättä heijasta ydinvoiman käytön laajuutta ko. maassa.

Tällainen tilanne on tietysti kiinnittänyt sopimuksen hoitamisesta vastuussa olevien kansainvälisten järjestöjen huomiota, koska se heijastaa epäluottamusta vuosien aikana kehitettyyn oikeudelliseen järjestelyyn ja saattaa herättää epäilyksiä ja synnyttää arvostelua suuren yleisön taholta.

Toinen huolenaihe on se seikka, että useat maat ovat asettaneet kyseenalaiseksi erään ydinvastuujärjestelmän perusperiaatteista, eli **vastuun rajoittamisen**. Ensimmäinen näistä maista oli Sveitsi, jota hiljattain on seurannut Saksan liittotasavalta. Mahdollisesti lähitulevaisuudessa seuraava Itävalta. Muut maat epäröivät. Jotkut ovat sitä mieltä, että nämä aloitteet eivät ole sopuisoinnussa sen kompromissin kanssa, jolle sekä Pariisiin että Wienin sopimukset alun alkaen rakennettiin. Toiset taas väittävät, että vaikka riskin "yhteiskunnallistaminen" on saattanutkin olla jossain määrin oikeutettua silloin, kun ydinvoimateollisuus tarvitsi poikkeamia traditionaalista vastuumäärityksistä sekä valtion tukea rohkaisemaan sen kasvua, ei enää ole olemassa mitään syytä tällaiseen riskien jakamiseen. Lisäksi laitoksen haltijan vastuukaton ylläpitäminen saattaisi vahvistaa vaikutelmaa, jonka mukaan ydinlaitokset ovat liian vaarallisia pidettäväksi samojen sääntöjen alaisina kuin muukin teollisuus.

Voidaan kuitenkin huomauttaa, että josain määrin keskustelu laitoksenhaltijoiden rajoitetusta tai rajoittamattomasta vastuusta on keinotekoista. Ilmeisistä syistä rajoittamattomat korvaukset eivät voi liittyä rajoittamattomaan vastuuseen. Valtiota lukuunottamatta kukaan ei voi sitoutua tällaisiin velvoitteisiin yksinkertaisesti siitä syystä, ettei tällaista maksukykyä kuitenkaan ole.

Todellinen ongelma on pystyä päättämään, onko järkevää ja taloudellisesti mahdollista (erityisesti vakuutusten kanalta) siirtää enemmän ydinonnettomuuden korvaamistaakaan teollisuudelle. Pariisiin sopimus sallii tässä tietyin joustovaran ja jotkut sopimusvaltiot ovatkin-

käyttäneet mahdollisuutta asettaa laitoksenhaltijoille erittäin korkeat vakuutusvaatimukset. Tämä kysymys on erittäin monimutkainen ja siihen suhtautumiseen vaikuttavat vahvasti maan poliittinen asennoituminen sekä se, miten edistynyt maa on ydinvoiman kehittämisessään.

Lisäksi rajoittamattomasta vastuusta meillä olevan keskustelun ei tulisi hämärtää erästä vieläkin tärkeämpää kysymystä: onko Euroopassa saatavilla oleva taloudellinen takuu ydinriskin kattamiseksi riittävä kattamaan merkittävän ydinonnettomuuden seuraukset?

Tshernobyliin liittyvät vahinkoluvut sekä eräät muut äskettäiset arviot herättävätkin vakavia epäilyksiä tässä suhteessa. Tämän ei tulisi kuitenkaan johtaa nykyisen järjestelmän tuomitsemiseen, sillä sitä on ajan kuluksa parannettu ja parannetaan epäilemättä tulevaisuudessakin. Joka tapauksessa tulisi tunnustaa, että ydinvastuusopimuksilla on arvonsa siinä, että ne ovat luoneet mahdollisuudet saada nopeasti ja tehokkaasti liikkeelle varoja, yleisesti ottaen paljon paremmin kuin muiden teknologioiden aloilla. Lähimenneisyudessa kertyneet kokemukset teollisuusonnettomuuksien ympäristövahingoista sekä vaikeudet, joita vahinkoakärsineet ovat kohdanneet hakiessaan kohtuullistakin korvausta, vahvistavat tätä mielipidettä.

Millaisia taloudellisia takuita sitten onkin saatavilla, pelisääntönä on ainakin Euroopassa suuronnettomuuden tai poikkeukselliset mittasuhteet saavuttavan luonnonkatastrofin yhteydessä "kansallinen solidaarisuus". Toisin sanoen kyseessä olevat valtiot ottavat vastuun kantaakseen. Useissa maissa onkin lainsäätäjät varmistaneet kansallisella ydinvastuulainsäädännöllä, että vahinkoakärsineet saavat vahinkotapauksissa korvauksen.

### **Ydinvahinkokäsitteestä (Vahingonehkäisy- ja rajoitustoimien kustannukset)**

Vastuusopimusten laatijat eivät määritelleet aikanaan käsitettä "ydinvahinko", vaan jättivät kansalliselle lainsäätäjälle tai oikeusistuimelle tehtäväksi päättää sen laajuudesta. Tosiasiassa kansalliset säännöt eivät useinkaan tarjoa tarkennusta tähän asiaan. Useiden teollisten saastumisonnettomuuksien selvittelyt ovat viime vuosina paljastaneet erilaisia vahinkolajeja, jotka ovat pyrkineet muuttamaan aikaisempia järjestelmiä korvausten alueella. Esimerkiksi Tshernobylin tilanteessa pääpaino on ollut **ehkäisevien** ja yleisöä **suojaavien** toimenpiteiden rahoituksen kattamisessa. Tämä tarkoittaa suojaavia vastatoimenpiteitä. Korvausvastuu tällaisista toimenpiteistä on sisällytettykin eräisiin äskettäin solmittuihin uusiin ympäristönsuojelusopimuksiin. Myös monet kansainväliset järjestöt, kuten OECD suosittelivat korvausten suorittamista tällaisista toimista. Sitä vastoin ydinvastuusopimukset näyttävät laahaavan jäljessä tässä suhteessa.

Tshernobylin seurausten valossa ongelma herättää useita erilaisia ajatuksia. Ensimmäinen tulee päättää, onko oikeudellisesti mahdollista tulkita vakuutusopimuksia siten, että vastatoimenpiteiden aiheuttamia vahinkoja voitaisiin korvata. Tässä yhteydessä tulisi kuitenkin pitää mielessä tällaisen tulkinnan vaikutukset suoranaisia vahinkoja kärsineiden hyväksi käytettävissä olevien korvausten määriin. Tshernobylin tapauksessa emme myöskään keskustele itse ydinvahingosta vastaavasta korvauksesta, vaan sellaisten hallinnollisten tai valvontatoimien rahallisista kuluista, jotka on tarkoitettu estämään väestölle matala-asteisesta radioaktiivisesta saastumisesta aiheutuvaa vahinkoa. Suora syy-yhteys onnettomuuden ja vahingon välillä katkeaa siten viranomaisien väliintuloon (intervention levels). Tämä herättää myös kysymyksen tällaisten toimenpiteiden "järkevyydestä", kuten neuvostoviranomaiset ovat usein muistuttaneet.

Tämä viimeinen havainto johtaa toiseen näkökohtaan, joka käsittelee puuttuvaa toimenpiderajojen harmonisointia. Jos erilaisia sopimuksia tulisi sovellettaviksi saman onnettomuuden seurauksiin, harmonisoinnin puute saattaisi vaikeuttaa korvaamiskäytäntöä. Esimerkiksi: maa A, jonka tuomioistuimet ovat vastuusopimuksen mukaan toimivaltaisia, saattaa kieltäytyä korvaamasta tämäntyyppistä vahinkoa naapurimaan B kansalaisille, vaikka maa B on sopimusvaltio, siitä syystä, että kansalliset toimenpiderajat esim. vihannesten osalta ovat alhaisemmat (rajoitavammat) kuin maassa A. Maan A tuomioistuimet voisivat kuitenkin myöntää korvausta sopimusvaltion C kansalaisille, koska toimenpiderajat valtiossa C ovat samat tai korkeammat kuin maan A. Tällainen tilanne myös vaarantaa samoista syistä Brysselin lisäsopimuksen kansainvälisen portaan käyttöön. Vaikkakaan toimenpiderajojen harmonisointi ei sinänsä kuulu ydinvastuujärjestelmän piiriin, on sen toimivuudelle kuitenkin tärkeää, että myös toimenpiderajojen harmonisointiin löydetään ratkaisu.

### **Päämäärä on selvillä**

Edellä esitettyjen vaikeuksien voittaminen vie luonnollisesti aikansa. Tshernobylin on muistuttanut meitä siitä, että maailma on todellakin kovin pieni. Tämän toteaminen ei kuitenkaan saa lannistaa meitä, vaan sen tulee päinvastoin lisätä päättäväsyyttämme pyrkiä kansainvälisellä yhteistyöllä varmistamaan Euroopassa mahdollisesti tapahtuvasta ydinonnettomuudesta vahinkoakärsineille kohtuulliset korvaukset heidän menetyksistään. □

# Ytimekkäät

## AIKA ENTINEN EI KOSKAAN ENÄÄ PALAA...

Atomienergianeuvottelukunta on päättänyt toimintansa. Kauppa- ja teollisuusministeri Ilkka Suominen järjesti 9.3.1988 koruttoman päättäjätalouden neuvottelukunnan työhön eri aikoina osallistuneille henkilöille. Hän totesi, että jo nyt on alkanut näkyä atomienergianeuvottelukunnan poikkeuksellisen mittava panos yhteiskunnassamme. Neuvottelukunnan koulutus- ja tutkimustoiminta on osaltaan luonut edellytykset Loviisan ja Olkiluodon laitosten tehokkaalle ja turvallisuudelle käytölle. Ministeri Suominen katsoi kuitenkin, että tämä on vasta alkua; Suomessa on pitkä ydinenergiatulevaisuus edessään.

Atomienergianeuvottelukunnan ja sen jaostojen työtä jatkavat uuden ydinenergiainsäädännön mukaisesti asetetut ydinenergianeuvottelukunta ja ydinturvallisuusneuvottelukunta. Jotain on kuitenkin muuttunut. Alkuaikoina oli intomielttä ja tutkimusrahoista asioitiin suoraan atomienergianeuvottelukunnan kanssa. Nyt on enemmän osaamista, mutta toisaalta byrokratiaa. KTM:ssä on energiaosasto ja atomitoimisto, VTT:llä alan erikoislaboratorionsa. Aika entinen ei koskaan enää palaa.

*Heikki Raumolin*

## AEN sai seuraajakseen uudet neuvottelukunnat

Valtioneuvosto on asettanut 1.3.1988—28.2.1991 väliseksi kaudeksi ydinenergianeuvottelukunnan ja ydinturvallisuusneuvottelukunnan.

Ydinenergianeuvottelukunnan kokoonpano on seuraava:

Jorma Routti (SITRA), puheenjohtaja  
Veikko Palva (VTT), varapuheenjohtaja  
Pekka Silvennoinen (VTT), jäsen  
Klaus Törnudd (UM), jäsen  
Juhani Santaholma (PEVO), jäsen  
Magnus Savander (Rauma-Repola), jäsen

Ydinturvallisuusneuvottelukunnan kokoonpano on seuraava:

Jarl Forstén (VTT), puheenjohtaja  
Lasse Mattila (VTT), varapuheenjohtaja  
Pentti Partanen (SM), jäsen  
Olli J. Mattila (HY), jäsen  
Jussi Manninen (KTM), jäsen  
Kauko Korpela (GTK), jäsen  
Pentti Lautala (TTKK), jäsen

Ydinenergianeuvottelukunta voi asettaa keskuudestaan jaostoja ja sillä voi olla enintään kaksi pysyvää asiantuntijaa. Ydinturvallisuusneuvottelukunnan pysyvänä asiantuntijana toimii säteilyturvakeskukseen pääjohtaja.

Samanaikaisesti neuvottelukuntien kanssa valtioneuvosto nimitti Valtion ydinjätehuoltorahaston johtokunnan ja toimitusjohtajan. Toimitusjohtajaksi nimitettiin oman toimensa ohella hallitusneuvos Yrjö Sahrakorpi KTM:n energiaosastolta ja johtokunnan kokoonpano on:

Pekka Jauho, akateemikko, puheenjohtaja  
Paavo Halavaara (Valtiokonttori), jäsen  
Jussi Manninen (KTM), jäsen  
Raimo Sailas (VM), jäsen

*Pertti Salminen*

## YDINTEKNIIKAN SANAKIRJA RANSKA-ENGLANTI-SUOMI

LTJK:n energiatekniikan osaston raportina on ilmestynyt ranskalais-englantilais-suomalainen ydintekniikan sanakirja. Teos on kaksiosainen, varsinaisen sanakirjaosa on järjestetty ranskalaisen pääosan mukaan, toinen osa on englanninkielinen hakemisto. Sanakirja sisältää noin 5500 hakusanaa. Osasto myy raporttia omakustannushintaan 85 mk osoitteesta: LTJK/Energiatekniikan osasto, PL 20, 53851 Lappeenranta.

*Heikki Kalli, LTJK*

## TVO:N URAANIHANKINNAT

Viime aikoina on tiedotusvälineissä tuotu esiin eräiden länsisaksalaisten poliitikkojen esittämiä väitteitä, joiden mukaan Teollisuuden Voima olisi hankkinut polttoainettaan varten eteläafrikkalaista uraania. Väitteet ovat perättömiä. TVO ei ole tietäen eikä tietämättään hankkinut uraania Etelä-Afrikasta.

TVO hankkii pääosan tarvitsemastaan raakauraanista pitkäaikaisoppimusten perusteella Kanadasta, Australiasta ja Kiinasta. Tämän lisäksi yhtiö on hankkinut pieniä lisäeriä kanadalaista ja nigeriläistä uraania useilta eri myyjiltä. Länsisaksalaisen NUKEM-yhtiön toimittama uraani on nigeriläistä. Eteläafrikkalaista uraania ei TVO:lle ole koskaan hankittu. Tehdyissä hankintasopimuksissa on määritetty tarkkaan toimitettavan uraenin määrä ja alkuperä.

Uraanitoimituksia valvoo kunkin maan viranomaisen, joka vastaa uraain määräämistä kansainväliselle atomienergiajärjestölle IAEA:lle. Euroopan yhteisön alueella mm. Ranskassa ja Saksan liittotasavallassa valvonnasta IAEA:lle vastaavat yhteisön valvontajärjestön EURATOMin viranomaiset.

Polttoaineen maahantuonti Suomeen tapahtuu säteilyturvakeskukseen (STUK) valvonnassa. STUK valvoo, että maahantuontiluvan ehtoja noudatetaan. TVO:n polttoaineen maahantuontilupaehdojen mukaisesti yhtiö ei saa hankkia eteläafrikkalaista uraania.

Korjauksena lehdissä esiintyneisiin virheellisiin tietoihin mainittakoon seuraavat selvennykset:

- TVO sai nigeriläisen uraain omistukseensa Ranskan uraanijalostamolla. Samalla yhtiö sai todistuksen uraain alkuperästä.
- TVO kuljettui uraain suoraan (ei Suomen kautta) Ranskasta Neuvostoliittoon väkevöitäväksi. TVO ei ole myynyt uraania Neuvostoliittoon.
- NUKEM ei ole valmistanut TVO:lle polttoainetta. Valmistaja on Siemens/KWU. NUKEM ei myöskään ole kuljettanut uraania Luxemburgin kautta.
- EURATOMin edustaja on vahvistanut, että TVO:lle toimitettu uraani on alkuperältään nigeriläistä ja että NUKEM on hankkinut uraain sen alkuperäiseltä ostajalta täysin laillisesti.

*Ilkka Mikkola, TVO*

## TVO JATKAA KAIRAUKSIA

Käytetyn polttoaineen huoltoon liittyen Teollisuuden Voima Oy tekee kalliotutkimuksia viidellä alueella selvittääkseen alueiden kallioperän soveltuvuutta loppusijoitukseen. Tutkittavat alueet ovat Kuhmon Romuvaara, Hyrynsalmen Veitsiväara, Sievin Syyry, Konginkankaan Kivetty ja Eurajoen Olkiluoto. Viime vuonna kaikilla alueilla tehtiin geofysikaaliset lentomittaukset. Varsinaiset kenttätutkimukset (maanpintatutkimukset, kairaukset, reikämittaukset) alkoivat Kuhmassa ja Hyrynsalmella keväällä 1987, Konginkankaalla ja Sievissä keväällä 1988 ja Olkiluodon työt aloitetaan ensi syksynä.

Käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikka valitaan vuonna 2000. Sijoitustilojen rakentaminen alkaa vasta 2010-luvulla, tai vaihtoehtoisesti polttoaine toimitetaan ulkomaille.

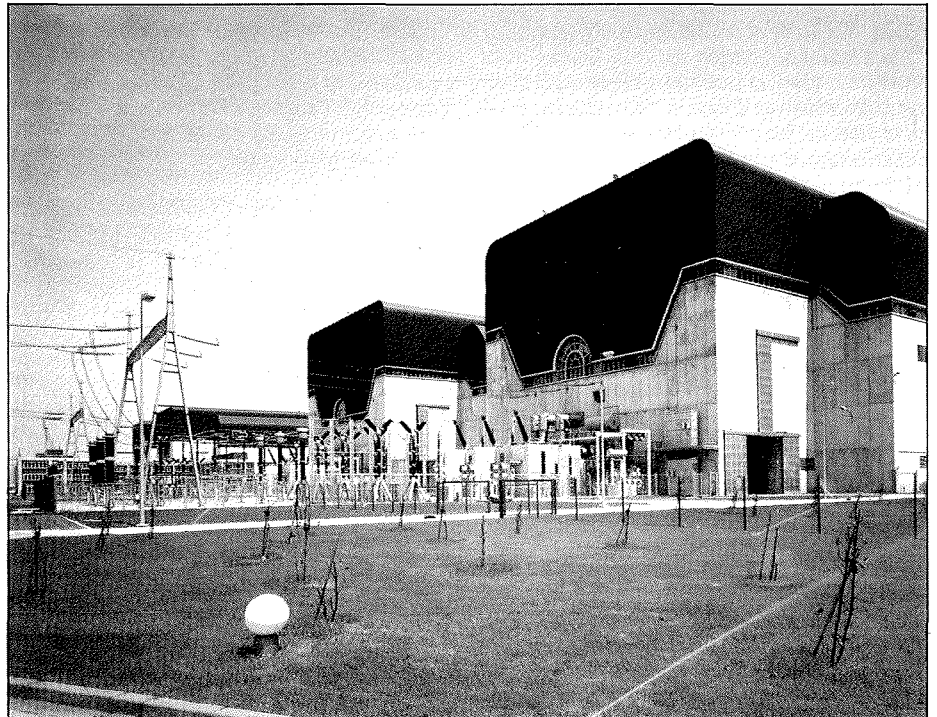
*Veijo Ryhänen, TVO*

# Sihteerin sana — Ydinvoimaa ja kulttuuria

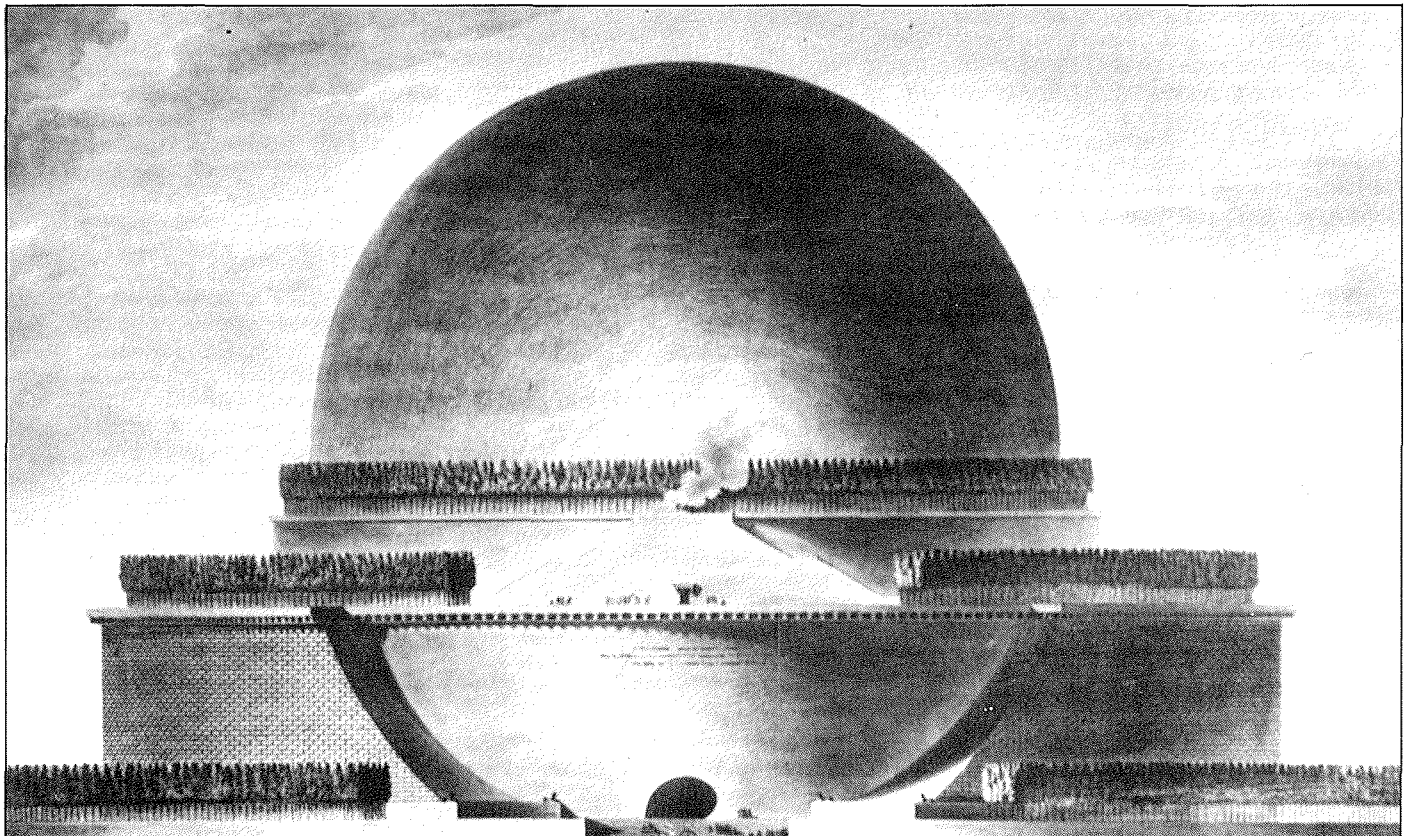
Tänä vuonna tulee kuluneeksi 50 vuotta ensimmäisestä ihmisen aikaansaamasta fissiosta. Tätä tullaan juhlimaan ENS:n toimesta maaliskuussa 1989 järjestettävässä tilaisuudessa Karlsruhessa. Pääpuhujana tuolloin on Helmut Kohl. Ydinvoimalla on sittenkin aika lyhyt historia, koska puhuja oli kai jo puolitoistametrinen ensimmäisen fission tapahtuessa.

Niinpä ydinvoiman ympärille ei luonnollisesti ole syntynyt merkittäviä taideteoksia. Itse laitoksen kauneusarvoistakin ollaan kovin eri mieltä. Tässä suhteessa meillä suomalaisilla on kuitenkin aihetta huomata, että laitoksemme ovat hyvin esitteisiä verrattuna monien muiden maiden ydinvoimaloihin. Ei tosin vähiten siksi, että meiltä puuttuvat jäähdytystorinit.

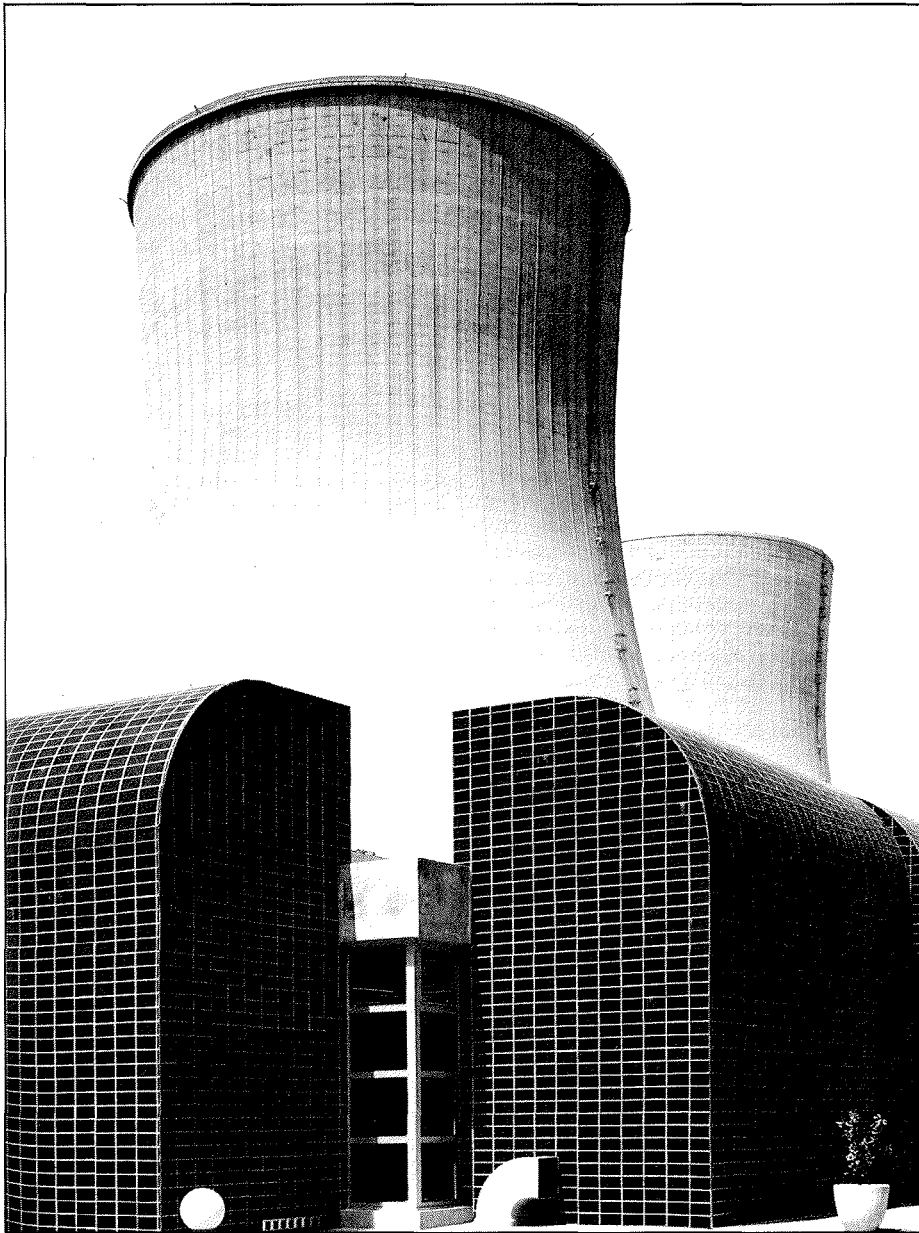
Kirjallisuudesta löytyy joitakin dekkareita ja science fiction-teoksia, jotka käsittelevät ydinvoimaa. Puhtaasti suomalainen oli nimimerkki Kullervo Mantereen ”Isä, mitä tapahtui?”, joka kirjana edustaa nykyistä, hieman raporttimaista dekkarityyliä. Luottavuudeltaan se on helppo, ja koska tapahtumat sijoittuvat Loviisan voimalaitokseen, on sen varmasti moni seuramme jäsenistä lukenut.



*Cruas'n ydinvoimalaitoksen turbiinisalissa on tiettyä massiivista tyyliä.*



*Tämä utopia on toteutunut useiden ydinvoimalaitosten reaktorirakennuksissa. Étienne Louis Boulée, 1784.*



*Erityisesti jäähdytystornien sopeuttaminen maisemaan inspiroi arkkitehteja.*

Tuollakin teoksella — samoin kuin esimerkiksi elokuvalla *Kiinailmiö* — oli se huono puoli (tai hyvä, riippuen kysymyksenasettelusta), että ne eivät oikein olisi voineet tapahtua. Mantereen hulluksi tulut päähenkilö teki sellaisia asioita, jotka eivät todellisuudessa olisi mitenkään mahdollisia. Niinpä asiantuntija saattoi huokaista ja laskea kirjan pois käsistään helpottuneena: ei tuollaista voi tapahtua.

Tshernobyl kuitenkin muutti asetelmia tässäkin asiassa. Nyt oli tapahtunut on-

nettomuus, jossa todella tapahtui jotakin hirvittävää. Ja kun venäläiset sitten elokuvassa 1986 Wienissä tekivät selkoa onnettomuudesta, saatiin kuulla operaattorien tehneen useita tahallisia virheitä vaikean kokeen suorituksessa.

Monet ensimmäisistä kirjoista, jotka ovat käsitelleet Tshernobyliä, ovat olleet yrityksiä rekonstruoida tapahtumia siellä. Esimerkki tällaisesta on Frederik Pohlin ”Chernobyl, a novel”.

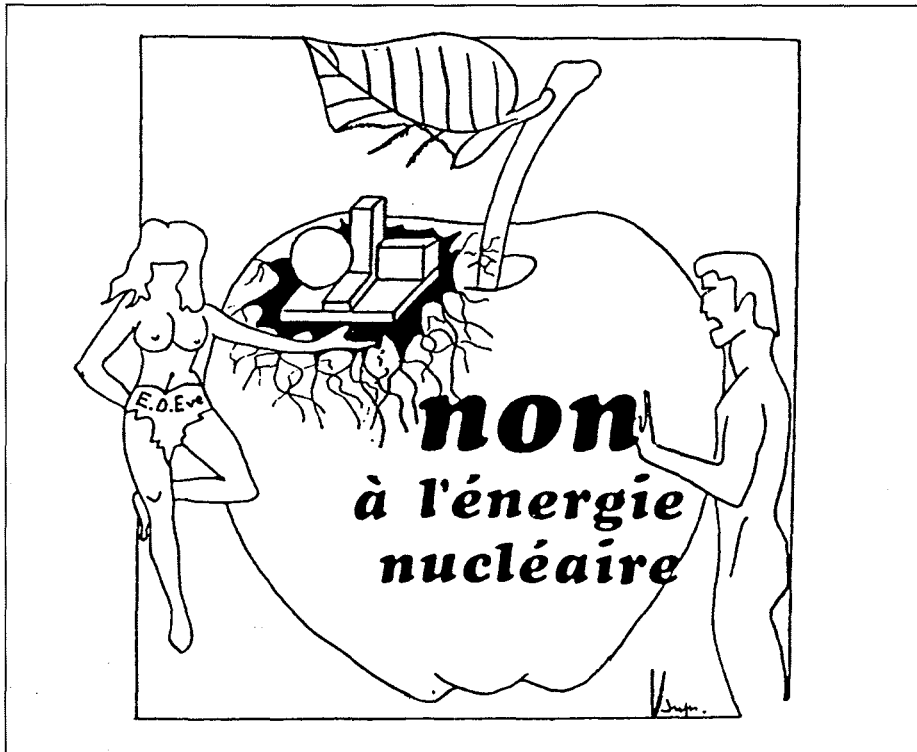
Tunnettu tieteiskirjailija pitäytyy lähteenä käyttämäänsä Wienin raporttiin aika uskollisesti, mutta rakentaa tekniikan ympärille ihmisten toimista kertovan fiktion. Tulos on hieman sekava, mutta on kuitenkin vaikea yhtyä Nuclear Newsin (tammikuu 1988) arvosteluun, joka tuomitsee kirjan täysin. Jos kirjan saa käsiinsä, kyllä se kannattaa lukea.

Toinen kuviteltu tapaus löytyy Ranskasta, jossa Helene Crie ja Yves Lenoir ovat kirjoittaneet teoksen ”Tchernobyl-sur-Seine”. Siinä he kuvaavat Pariisin lähellä Nogentin ydinvoimalassa sattuvaa onnettomuutta. Mm. tätä kirjaa käytetään hyväksi ranskalaisissa ydinvoiman vastaisissa kannanotoissa, jotka ovat viime aikoina keskittyneet vetyräjähdysten mahdollisuuteen ranskalaisissa voimaloissa. Proosaa voidaan siis käyttää myös propagandatarkoituksissa.

Mutta on ollut odotettavissa, että myös vakavampia yrityksiä pureutua ydinvoimaonnettomuuden ongelmiin ilmenisi. Ja sellaisena voi pitää maaliskuun 5. päivänä Mikkelissä suomalaisen kantaesityksensä saanutta näytelmää *Sarkofagi*. Sen on kirjoittanut Pravdan tiedetoimituksen johtaja, insinööri Vladimir Gubarev. Näytelmää esitetään nykyisin yli kahdeskymmenessä maassa, ja sitä voidaan hyvällä syyllä pitää esimerkkinä Neuvostoliitossa tällä hetkellä vallitsevasta uudesta poliittisesta ”ilmastosta”, joka kaajoa vaikeisiin asioihin.

Näytelmä kertoo venäläisestä sairaalasta, johon tuodaan vaikeita säteilyvammoja ydinvoimalaonnettomuudessa saaneita potilaita. Näytelmä ei suoraan sijoita tapahtumia Tshernobyliin, mutta kyllä kaikki katsojat samaistavat tapahtumat sinne. Siitä syntyykin eräs valitettava väärinkäsitys, sillä kuolevissa potilaissa on mukana mm. lehmää lypsänyt vanha nainen ja muitakin sivullisia. Näytelmän jälkeen on vaikea saada ihmisiä uskomaan, etteivät oikeassa Tshernobylyssä ulkopuoliset saaneet akuutisti tappavia säteilyannoksia.

Syylisiksi tapahtumiin kirjailija osoittaa nimettömiä byrokraatteja, jotka vaativat voimalan henkilökunnalta ylivoimaisia suorituksia. Tämä siitä huolimatta, että voimala on varustettu huonosti. Johtopäätöksenä kirjailija katsoo todistetuksi, ettei ydinaseselkkaus ole mahdollinen, koska miljoonat säteilystä kärsineet jäävät vaille kaikkea lääketieteellistä apua. Saman toteaa kyllä amerikkalainen Armand Hammer muistelmissaan. Hän oli se mies, joka lennätti paikalle Robert Galen, jolla on myös näytelmässä oma osansa kaikkietävänä professori Kylena.



Myös vihreitä ydinvoima inspiroi.

Näytelmää tullaan esittämään ensi kesänä Tampereella ja siitä on kirjoitettu runsaasti lehdistössä. Onkin varmaa, että vastaavanlaista tullaan näkemään myös jatkossa. Ja koska tässäkin näytelmässä oli hieman heittoa mm. säteilyn yksiköissä, on ilahduttavaa, että ATS:n uusiin tuotteisiin, Radioaktiiviset aineet ja säteily, saattaisi tulla ohjaaja Vesa Raiskiolle hyvään tarpeeseen. Tällä en tarkoita sitä, että jonkin näytelmän arvo kärsisi pienistä teknisistä yksityiskohdista, mutta ainakin on parempi, jos nekin on oikein esitetty. Silloin ohjaaja tai kirjailija pääsee keskittymään olennaiseen eli tässä tapauksessa ihmisten moraalisiin, joka mm. sallii turvajärjestelmien poiskytkennän.

—○—

Seuran uusia jäseniä ovat:

FM Janne Koivukoski, Sisäasiainministeriö  
Tekn. Arto Felin, IVO

Jorma Aurela

Kuvat on toimituksessa lainattu Jacques Leclercq'n teoksesta "The Nuclear Age".

## Lyhyesti maailmalta

**Aihevalinnat Pekka Lehtinen, puh. 708 2385. Palstalla julkaistaan uutismaisesti tietoja ydinvoima-alan yleisistä ja turvallisuuteen liittyvistä tapahtumista.**

**Argentiinan** Embalse 600 MW candu-reaktorilla sattui 17.4. vakava häiriö, missä noin kuutiometri ioninvaihtomassaa pääsi rikkoutuneesta primäärisuodattimesta ja massanpidättimestä raskasvesijäähdytepiiriin tukkien sen. Laitoksen pysähtyminen aiheutti sähkökatkoja Buenos Airesissa.

Nucleonics Week 28.4.1988

**Belgiassa** ei ole ydinjätteen loppusijoitukseen soveltuvaa kallioperää tai vanhaa suolakaivosta. Mol:n ydintutkimuskeskuksen lähellä sijaitsevaan 100 metriä paksuun savimuodostumaan 180 metrin syvyydelle on rakennettu tutkimuslaboratorio, jossa selvitetään savimuodostuman soveltuvuutta ydinjätteiden loppusijoitusympäristöksi.

Nuclear Engineering International, helmikuu 1988

**Belgian** Tihange 1 920 MW PWR Framatome -yksikön kaksi höyryntintä (kolmesta) puhdistettiin kemikaaleja käyttäen vaippapuoleltaan helmikuussa 1988 päättyneessä seisokissa. Ikääntyvien laitosten höyryntinttiin kertyy metallioksidilietettä, jonka poistamisessa kemiallista puhdistusmenetelmää pidetään lupaavana. Tihange 1 on ollut 13 vuotta käytössä. Kolme viikkoa kestäneen puhdistusoperaation aikana poistettiin 1450 kg magnetiittia, 40 kg kuparia, 40 kg sinkkioksidia ja 300 kg muita oksideita kummastakin höyryntimestä. Puhdistusoperaatio maksoi 5 miljoonaa Ranskan frangia.

Nucleonics Week 10.3.1988

**IAEA:n** INSAG on julkaissut ydinvoimalaitosten turvallisuusperiaatesuosituksen. Esittelyjen periaatteiden noudattaminen vähentää vakavien reaktorionnettomuuksien todennäköisyyttä tekijällä 10 (1:100 000:een) uusissa ydinvoimalaitoksissa. Raportti on julkaistu IAEA:n safety-sarjassa numerolla 75-INSAG-3.

Nucleonics Week 24.3.1988

**Iso Britannian** turvallisuusviranomaisen Health & Safety Executive on asettanut maan ydinvoimalaitosyksiköiden lukumäärän rajaksi 100 yksikköä. Sata yksik-

köä kasvatettaisiin huomattavan kontrollottoman päästön mahdollisuuden yhdeksi joka 10 000. vuosi nykyisten laskelmien mukaan. Maassa on 38 yksikköä toiminnassa ja neljä rakenteilla.

Nucleonics Week 25.2.1988

**Iso Britannian** vanhimmat magnox-reaktorit Bradwell ja Berkeley on suunniteltu 20—25 vuoden käyttöiälle. Molemmat laitokset ovat olleet käytössä jo 26 vuotta ja niiden käyttämistä 30 vuoden ikään saakka harkitaan. Maan ydinturvallisuusviranomaisen Nuclear Installation Inspectorate (NIJ) edellyttää teknisiä muutoksia, jotka maksaisivat yli 30 miljoonaa markkaa laitosta kohti.

Nucleonics Week 21.4.1988

**Japanin** säteilyturvaviranomainen on antanut suosituksen vähä-aktiivisen jätteen valvonnasta vapauttamisrajaksi. Vähä-aktiiviset jätteet, joiden väestölle aiheuttama säteilyannos alittaa 10 µSv vuodessa saa loppusijoittaa kaatopaikoille maahan hautaamalla. Säteilyannos lasketaan suoraan maahanhautauspaikan päältä.

Nucleonics Week 4.2.1988

**Japanin** Ishikawa-Harima Heavy Industries on kehittänyt jäämurskapuhaltimen, jolla voidaan puhdistaa kontaminoituneita pintoja tehokkaammin kuin korkeapainepesurilla.

Nuclear Engineering International, maaliskuu 1988



**Jugoslaviassa** suunnitellaan kansanäänestystä maan ydinvoimaohjelmasta. Hallituksen suunnitelman mukaan Krskon 670 MW ydinvoimalaitos ja muut voimalaitokset riittävät takaamaan sähköntuotannon vuoteen 2000 asti. Vuonna 1986 saadut tarjoukset neljästä 1000 MW yksiköstä jouduttaneet hyllyttämään.

Nuclear News, helmikuu 1988

**Kaliforniassa** tehostetaan selvityksiä, jotka tähtäävät yhdistetyn sähkön- ja makean veden tuotantolaitoksen perustamiseen. Kyseessä olisi neliyksikköisen korkealämpötilaisen kaasujäähdytteisen reaktorilaitoksen hukkalämmön hyväksikäyttö meriveden suolanpoistossa. Laitos tuottaisi sähköä 442 MW teholla ja vettä noin 150 miljoonaa gallonaa vuorokaudessa eli riittävästi 700 000 ihmiselle.

Nucleonics Week 18.2.1988

**Neuvostoliitossa** suunnitellaan uutta UKR 1500 reaktoria, joka pohjautuu RBMK 1500 tyyppiin. UKR-1500 (Parannettu Kanava Reaktori) konseptiin on otettu mukaan Tshernobylin onnettomuuden jälkeen RBMK -yksiköille tehdyt parannukset sekä tyypin hyvät perusominaisuudet. Neuvostoliitto jatkaa hiilimoderoitujen kanavatyyppisten kiehumusvesireaktorien suunnittelua esitetystä päivänvastaisista kannanotoista huolimatta.

Nucleonics Week 24.3.1988

**Neuvostoliitto** ja Yhdysvallat allekirjoittivat ensimmäisen kahdenkeskistä ydinvoiman turvallisuutta koskevan sopimuksensa 26.4. Sopimuksen perusteella muodostetaan mm. koordinoitukomitea, johon kuuluu kuusi jäsentä sekä NRC:sta että Neuvostoliiton atomienenergian hyväksikäytön valtionkomiteasta. Komitea järjestää erilaisia asiantuntijatilaisuuksia.

Nucleonics Week 28.4.1988

**Ranskan** ydinturvallisuusviranomainen Service Central de Surete des Installations Nucleaires, SCSIN on pyytänyt Electricite de France, EdF-voimayhtiötä tekemään harjoitteluluonteisen höyrystimen vaihdon jossakin voimayhtiön PWR-yksikössä. Höyrystimissä esiintyvät vuodot ovat muodostuneet tyyppiongelmaksi ranskalaisissa ydinvoimalaitoksissa. Viranomaisen pyynnön taustalla on se, että höyrystimen vaihtoa olisi syytä harjoitella suunnitellusti eikä kiireessä akuutin vauriolianteen yhteydessä. Höyrystimen vaihto aiheuttaa huomattavia säteilyannoksia työntekijöille. EdF ilmoittaa, että yksikään höyrystin ei ole vielä kypsytetty vaihdettavaksi ja periaatteena on, että toimivia komponentteja ei poisteta enenaijojaan.

Nucleonics Week 18.2.1988

**Ranskalaisissa** vanhemmissa 900 MW PWR -yksiköissä esiintyy edelleen vaikeuksia säätösauvojen ohjausputkien säätötappeissa (split pin). Vuosina 1980-1985 vaihdetut tapit ovat alkaneet säröillä. Tappeja on 106—122 kappaletta laitosyksikössä. Katkenneiden tappien korjaamiset aiheuttavat seisokkeja.

Nucleonics Week 17.3.1988

**Ruotsin** voimalaitosjätteiden loppusijoituslaitos SFR Forsmarkissa on vastaanottanut Kalmarin valmistaman ydinjätetrukin. Haarukkatrukki on varustettu säteilysuojatulla ohjaamalla, jonka teräksisen etuseinän paksuus on 70 mm ja lyijylasikkunat ovat 80 mm paksuja. Ohjaamossa on ylipaineinen turvailmastointi ja TV-monitorijärjestelmä kuljettajan havaintoalueen laajentamiseksi.

Nuclear Engineering International, helmikuu 1988

**Ruotsin** Studsvikin ydintutkimuskeskuksessa on polttokäsitelty Saksan liittotasavallasta peräisin olevaa vähäaktiivista roinajätettä noin tuhat tonnia. Polttotuhka samoinkuin palamaton jäte on palautettu Saksan liittotasavaltaan. Käsitellyn jätteen kokonaisaktiivisuus on terabequerelien luokkaa. Transnuclear on hoitanut kuljetukset. Ruotsin säteilyvalvontaviranomainen Statens strålskyddsinstitut SSI aikoo seurata seuraavien ulkomaisten jätteiden polttamista ja varmistaa siitä, että jäte on todella peräisin kevytvesireaktoreista, eikä sisällä esim. plutoniumia. Strålskyddsnytt 28.1.1988

**Ruotsin** Forsmark 2 BWR AA-yksikkö meni pikasulkuun joulukuussa 1987 erään käyttömiehen painaessa erehdyksessä väärää nappulaa ohjauspaneelissa. Tarkoituksena oli palauttaa logiikkakanava, mutta sormi osuikin pikasulun käsinlaukaisunappulaan.

Nucleonics Week 4.2.1988

**Ruotsin** Ringhals 2 800 MW PWR W -yksikön kolme höyrystintä vaihdetaan kesällä 1989. Vaihdotyön suorittajaksi on valittu KWU. Vaihtoaikataulu on 100 vuorokauden pituinen. Höyrystimet valmistaa MAN-Gutehoffnungshutte. Uudet höyrystimet nostavat yksikön sähköntuotantotehoa 50 MW. Höyrystimien uusimisen kokonaiskustannus on noin 800 miljoonaa markkaa.

Nuclear News, helmikuu 1988

**Ruotsin** Asea Atom on avannut Västeråsissa kevytvesireaktoreille tarkoitettua huoltokeskuksen, joka tarjoaa teoreettista ja käytännön harjoitusta huoltotoita silmälläpitäen. Keskuksessa voidaan testata uusia menetelmiä ennen niiden soveltamista ydinvoimalaitoksille.

Nuclear Engineering International, maaliskuu 1988

**Ruotsin** Studsvik toimittaa matala-aktiivisen jätteen polttolaitoksen Yhdysvaltoihin. Kyseessä on USA:n ensimmäinen kaupallinen polttolaitos. Studsvikin polttolaitoksia on toimitettu aiemmin mm. Saksan liittotasavaltaan (3), Itävaltaan, Sveitsiin ja Belgiaan Mol:n tutkimuskeskukseen.

Nucleonics Week 24.3.1988

**Saksan liittotasavallan** vahvin vaihtoehto korkea-aktiivisen jätteen loppusijoituspaikaksi on yllättäen joutunut vastatuuleen. Viranomaisten teettämässä tutkimuksessa on tullut esiin seikkoja, jotka vaikeuttavat Gorlebenin suolamuodostuman käyttöä: Maan kaikki korkea-aktiivinen jäte ei sovi suolamuodostumaan, suolamuodostumassa on merkkejä pohjavesiyhteyksistä, suolamuodostumassa on vanha kaivos sekä lähistöltä saattaa löytyä arvokkaita mineraaleja.

Nuclear Fuel 7.3.1988

**Saksan liittotasavallassa** selvitetään ydinvoimalaitosten kestävyttä lentokoneen törmäystä vastaan. Maaliskuussa 1988 putosi kaksi sotilaskonetta noin 1,5 ja 10 kilometrin etäisyyksille ydinvoimalaitoksesta. 1980-luvulla on 180 sotilaskonetta pudonnut maan alueelle. Ydinturvallisuusviranomainen GRS sanoo suoran törmäyksen todennäköisyyden olevan yksi miljoonasta. Liittotasavallassa on kuusi ydinvoimalaitosta, jotka eivät kestäisi törmäystä ja muiden laitosten törmäyksenkestokyky vaihtelee. Sotilaskoneet käyttävät ydinvoimalaitoksia suunnistusmaamerkkeinä ankarista kielloista huolimatta.

Nucleonics Week 7.4.1988

**Unkarin** Paks 5 ja 6 VVER 1000 -rakennusprojektien hallintaan on tilattu USA:n Bechteliltä tietojenkäsittelyjärjestelmä. Lisäksi Bechtel opastaa projektin johtoa ja toimittaa kustannusseurantajärjestelmän. Bechtelin vahvuus Paksissa tulee olemaan 15—18 asiantuntijaa.

Nucleonics Week 7.4.1988

**USA:n** Hanford-N reaktoria ei oteta käyttöön toistaiseksi ilmoittaa Department of Energy (DOE). Hanford-N reaktori tuottaa aseuraania ja kaukolämpöä. Se on grafiittimoderoitu kuten Tshernobylin onnettomuusreaktori. Hanford-N reaktori on ollut alasajettuna vuoden 1987 alusta lukien turvallisuusparannusten vuoksi. Aseuraania on DOE:n ilmoituksen mukaan maassa riittävästi.

Nuclear News, maaliskuu 1988

# English Abstracts

## Special issue: nuclear power and the environment

### **Editorial: Energy consumption and environment**

*Antti Kulmala (page 1)*

Environmental effects of energy production have been object of extensiver international studies for a couple of decades and they are already quite well known. Acidification caused by fossil fuels is generally known among common people. But the fact, that nuclear power is innocent for these acidification problems is not easily accepted by the same people.

### **Estimated effects of a foreign reactor accident in Finland**

*Göran Nordlund, Jukka Rossi (pages 2—3)*

An airborne release from a foreign reactor accident may result in radioactive contamination in Finland. Nutrition of contaminated foodstuffs produced at fallout area may cause a collective dose smaller than the dose from the background radiation.

### **Nuclear power is a good source of energy for the developed countries**

*Pekka Jauho (pages 4—5)*

A speech given on March 9th, 1988 in the closing ceremony of the Finnish Atomic Energy Commission (AEN) after its successful work since 1950. AEN's work is continued by two commissions set by the Government: the Finnish Nuclear Energy Commission and the Finnish Nuclear Safety Commission. (The English translations are not yet official.) Academician Pekka Jauho was the Chairman of the AEN during 1982—1988.

### **Risks of different energy sources**

*Heikki Niininen, (pages 5—6)*

During the last 10—15 years efforts have been made to compare the environmental risks of different energy sources. The article describes the results and difficulties of the risks studies.

### **Validation of the biospheric transfer models by employing Chernobyl data**

*Riitta Korhonen (pages 6—9)*

The deposition brought about by the Chernobyl accident gave new possibilities for model validation. A dynamic compartment model DETRA has been employed to calculate different transfer scenarios. Validation efforts have been performed by participating in the international BIOMOVs-project (BIOSpheric MOdel Validation Study) and also by studying special Finnish transfer scenarios. The preliminary validation efforts have shown that modelling is an efficient tool to study the short-term or long-term behaviour of radionuclides in the environment.

### **HAPRO — The Finnish research programme on acidification**

*Ari Karppinen (pages 9—10)*

HAPRO is a special research programme established by the Ministry of Agriculture and Forestry and the Ministry of the Environment in 1985 to promote and refine scientific understanding of the causes and effects of acid precipitation. This understanding is to form new basis for national control strategies. The national research programme was given a 5-year mandate with a reporting duty at the end of the programme in 1990. Yet the results produced so far have already helped to refine the Finnish sulphur emission regulations.

### **The Finnish acidification model**

*Ilkka Savolainen (pages 10—11)*

A system model describing acidification is being developed. The model consists of acidifying emissions, dispersion and transformation in atmosphere, and impacts on forest soil and lakes. The work is a part of the Finnish Acidification Research Project (HAPRO) and it is being performed at the Technical Research Centre of Finland in cooperation with the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) and with several national institutes as the Finnish Meteorological Institute, the Forestry Research Institute, the Geological Survey and the National Board of Waters and Environment.

### **Energy vision**

*Olavi Vapaavuori (pages 12—13)*

Mr. Olavi Vapaavuori had his 60th anniversary on May 22th, 1988. He can be called among some others "the Grand Old Man of Nuclear Energy in Finland". He was graduated master of science in 1952 and licentiate of technology in 1963 from the Helsinki University of Technology. He has been working in the nuclear field since 1957. In the article Vapaavuori gives his global energy vision for the future.

### **The status of the decommissioning plans for the Finnish nuclear power plants**

*Hannu Härkönen, Mikko Nykyri (pages 14—17)*

Revised decommissioning plans for the Finnish nuclear power plants were submitted to the regulatory authorities at the end of 1987. The plans cover the following topics: time schedules, dismantling techniques, waste conditioning and disposal, radiological safety and cost estimates.

### **TVO constructs a final repository for low- and intermediate-level waste and continues drillings**

*Veijo Ryhänen (page 17)*

A significant juncture in the nuclear waste management of the Industrial Power Company Ltd (TVO) was reached at the beginning of April, when TVO started the construction of a final repository, the VLJ-repository, for low- and intermediate-level nuclear waste in the bedrock on the Olkiluoto power plant site. The radioactive waste to be deposited there consists of the power plant's water purification masses, solidified in bitumen, and various types of waste from repair and maintenance.

The waste, packed in drums, will be deposited in two rock silos to be built 70—100 meters below ground and less than one kilometre from the power plant. The silos are 20 meters in diameter and 30 meters high. They are dimensioned to accommodate all the waste generated at Olkiluoto during the 30 years' operation. The repository will be commissioned in 1992.

As to spent fuel management, TVO continues drillings and other bedrock studies at five sites. The field investigations were started in 1987.

### **Energy and environment by common language**

*Björn Wahlström (pages 18—20)*

The article describes how to express difficult matters involved with nuclear energy, irradiation etc. to the general public. The text is a combination of quotations from the book "Villakoiran Ydin" (Heart of Poodle) written by Wahlström in 1986.

**The Finnish Atomic Energy Commission studied the need of national nuclear energy research**

*Lasse Mattila, Risto Sairanen (pages 20—21)*

The Finnish Atomic Energy Commission published an assessment "Need of national nuclear energy research during 1988—1995". According to it, research in the next several years has to emphasize supporting the high safety and availability of the existing plants and securing the orderly implementation of the nuclear waste management programme. In addition, maintaining the nuclear option requires follow-up studies, participation in international research projects and development activities in the field. Research items deserving attention were also listed in detail.

**Electricity consumption of forest industry**

*Pertti Laine (pages 23—24)*

Most long term predictions show a clear global increase in the consumption of the products of forest industry. This means a clear increase in the consumption of electricity. For Finland as for any country with forest industry it is vital to have enough moderate priced electricity to maintain its competitiveness in the international markets.

**Nuclear liability conventions: compensating the victims of a nuclear accident**

*Patrick Reyners (page 24—26)*

"The production and use of atomic energy involves hazards unlike those which the world has long been familiar". These

opening words of the official commentary of the Paris Convention — written in 1960 — sound remarkably appropriate at a time when the reverberations of the catastrophe which occurred on 26th April 1986 are still being felt. In all fairness, the tragic consequences of the Chernobyl accident should not obscure the fact that over the forty years since its inception, the safety record of nuclear energy had been quite satisfactory.

Yet, the European countries are now facing a challenge: upgrading the level of protection for potential victims and strengthening the harmonisation of national legislation in this field.

The paper introduces the basic principles of nuclear liability conventions before touching upon their recent evolution. The prospects of future development are also examined.



**LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN KORKEAKOULU**  
**Täydennyskoulutuskeskus**  
**Energiatekniikan osasto**

**LAPPEENRANTA FIFTH SUMMER SCHOOL ON HEAT TRANSFER**  
**8.—11.8.1988**

**Teemat**

2 ensimmäistä päivää YLEISIÄ LÄMMÖNSIIRTOON LIITTYVIÄ AIHEITA  
2 viimeistä päivää VOIMALAITOSSIMULAATTOREISTA

**Aiheita**

Kahtena ensimmäisenä päivänä käsitellään osia kirjasta Arpaci and Larsen: "Convection Heat Transfer", lämmönsiirron numeerisia menetelmiä sekä huonetilavirtausten laskemista.

Kahtena viimeisenä päivänä käsitellään voimalaitossimulaattorien (erityisesti ydinvoimalaitossimulaattorien) kehitystyötä Ranskassa, Saksan liittotasavallassa, Ruotsissa ja Suomessa.

**Luennoijat**

Professori Seppo A. Korpela, Ohio State University, USA  
Monsieur J. Peltier, CEA/ISPN, Ranska

Studsvik AB, Instrument Systems, Ruotsi, 1 luennoija  
GRS, BRD, 2 luennoijaa  
Professori Björn Wahlström, VTT/Sähkötekniikan laboratorio  
Dipl.ins. Kalevi Piira, VTT/LVI-tekniikan laboratorio  
VTT/Ydinvoimatekniikan laboratorio, 2 luennoijaa

**Kurssimaksu**

Kurssimaksu on 1.800 mk/osallistuja (sisältää opetuksen kurssiaineistoineen). Jatko-opiskelijoilta veloitamme oppimateriaalikustannukset (n. 300 mk/osallistuja).

**Ilmoittautuminen, lisätiedot ja kurssiesitteet**

Lisätietoja ja kurssiesitteitä saa LTKK:n täydennyskoulutuskeskuksesta, puh. (953) 539 00, 539 01. Kurssin sisällöstä antavat lisätietoja apul.prof. Heikki Kalli ja dipl.ins. Jari Tuunanen, puh. (953) 275 70.

