

Ydinvoima ja ydinturvallisuus Venäjällä

Heikki Reponen

Ydinenergian rauhanomaisen käytön historiassa Neuvostoliitto oli uranuurtaja ottaessaan ensimmäisenä maailmassa käyttöön vuoden 1954 kesäkuussa sähköä tuottavan ydinvoimalaitoksen Moskovan lähistöllä Obninskissa. Rauhanomainen ydinenergian käyttö alkoi sotilaallisten sovellusten vanavedessä. Neuvostoliitossa edettiin kahta erilaista linjaa. Lavaston ydinsukellusveneiden voimanlähteeksi kehitettiin painevesireaktorit, joita asennettiin myös siviilikäytössä oleviin jäänmurtajiin. Tästä reaktorityypistä saivat alkunsa ydinvoimalaitosten VVER-reaktorit. Ensimmäiset 1960-luvulla rakennetut olivat sähköteholtaan 210 ja 365 megawattia, 1970-luvulla 440 MW ja vuodesta 1980 eteenpäin rakennettiin 1000 MW reaktoreita. Tällä hetkellä rakenteilla on 1200 MW:n tehoisia VVER-reaktoreita, joista ensimmäiset valmistuvat vuosina 2013–2014.

Toinen Neuvostoliitossa suurimittaiseen sähköntuotantokäyttöön otettu reaktorityyppi, grafiittihidasteinen kanavareaktori RBMK polveutuu pommip plutoniumin tuotantoon suunnitellusta reaktorista. Tätä juurta oli myös Obninskin ensimmäinen reaktori. Pommiraaka-aineen kanalta olennainen piirre tässä reaktorityypissä on

mahdollisuus toimintaa keskeyttämättä poistaa erillisissä kanavissa olevaa ydinpolttoainetta reaktorista hetkellä, jolloin oikea nuklidikoostumus on saavutettu. Sähköntuotantoon rakennetuissa reaktoreissa tätä nuklidintuotto-ominaisuutta on sittemmin hyödynnetty terveydenhuollon ja teollisuuden tarvitsemien säteilylähteiden valmistamiseen. RBMK-reaktoreiden esiasteet 1960-luvulla olivat sähköteholtaan 100 ja 200 MW, kunnes vuodesta 1973 alkaen tuotantoon tuli 1000 MW:n tyyppi. Myös 1500 MW:n tehoisia laitoksia ehdittiin rakentaa kaksi kappaletta (Liettuan Ignalina) ja vielä suurempiakin oli suunnitteilla. RBMK-reaktoreita ei kuitenkaan rakennettu enää 1980-luvun jälkeen.

Tšernobylin onnettomuus

Ydinvoimalaitosten teollinen käyttöönotto Neuvostoliitossa alkoi toden teolla 1960-luvun lopussa. 1980-luvun puoliväliin mennessä oli rakennettu yhdeksälle eri paikkakunnalle yhteensä 22 voimalaitosyksikköä ja kymmeniä uusia hankkeita oli vireillä.

Neuvostoliiton, ja samalla koko maailman, ydinvoimatuotannon kehityksen muutti kuitenkin tuhoisa Tšernobylin ydinvoimalaitosonnettomuus huhtikuussa 1986. Laajat suunnitelmat ydinvoima-tuotantokapasiteetin kasvattamiseksi romuttuivat ja olemassa olevien voimalaitosten turvallisuus oli otettava tiukkaan tarkasteluun katastrofin toistumisen torjumiseksi. Tšernobylin onnettomuuden osuudesta Neuvostoliiton hajoamiseen voidaan kiistellä. Niin tai näin,

totalitaarisessa yhteiskunnassa vallinneet saliluihin ja saneluihin perustuneet menettelytavat osoittautuivat kestäättömiksi sektorilla, jossa yksi onnettomuus saattoi aiheuttaa mantereeseen laajuiset vaikutukset.

Tšernobylin onnettomuus ylitti kaikki vallinneet skenaarit ydinenergian rauhanomaisessa käytössä mahdollisiksi oletetuista tapahtumista. Myös moniportaisen turvallisuusajattelun viimeinen lenkki, onnettomuusvalmiustoiminta oli viritetty hitaasti kehittyvän, rajallisiin radioaktiivisiin päästöihin johtavan onnettomuuden kulun hallitsemiseen.

Suunnittelu- ja käyttövirheillä oli molemmilla ratkaiseva merkitys Tšernobylin onnettomuuden taustalla. Suunnittelijoiden jäljiltä RBMK-reaktorissa oli ominaisuuksia, joiden takia se oli mahdollista saattaa hallitsemattomaan tilaan. Toimintaohjeiden vastaisilla toimenpiteillään käyttöhenkilökunta ajoi reaktorin räjähdykseen. Ydinvoiman suunnitteluun ja käyttöön ulotetun salailupolitiikan takia käyttöhenkilökunnalla ei ollut tosiasiallista käsitystä ohjerikkomustensa mahdollisista vaikutuksista. Valvomossa onnettomuusyönä työskennelleen käyttövuoron jäsenet eivät voineet uskoa tuhon laajuutta ennen kuin näkivät tilanteen omin silmin: ydinreaktorin paikalla oli jäljellä vain rauniot ja koko voimalaitosta ympäröivä alue piti tyhjentää asukkaista.

Onnettomuuden tapahduttua Neuvostoliiton koko ydinvoimatuotanto pysäytettiin joksikin aikaa laajoja tarkastuksia varten, kunnes voimalaitokset saivat oikeuden jatkaa tuotantoa asteittain ja reaktorityypeittäin. Onnettomuusreaktorityyppi RBMK sai jatkokäyttöluvan vasta useiden kuukausien kuluttua radikaalien rakennemuutosten jälkeen.

Vähintään yhtä tärkeää oli käyttöhenkilökunnan asenteiden muuttaminen iskostamalla käytäntöön uusi turvallisuuskulttuurijattelu. Sen mukaan kaikessa ydinvoiman tuotantoon liittyvässä toiminnassa pitää turvallisuus asettaa etusijalle. Mikäli turvallisuudesta ei voida olla varmoja, reaktori tulee pysäyttää. Huolimatta syntyneestä paineesta ajattelutavan muutokseen onnettomuuspaikkakunnan kolmea toiminta-

kuntoon jäänyttä reaktoria käytettiin hankalissa säteilyolosuhteissa vielä useita vuosia ensin Neuvostoliiton ja sitten itsenäisen Ukrainan kansantalouden turvaamiseksi. Kahden rakenteilla olleen lisäreaktorin loppuunsaattamisesta Tšernobylistä kuitenkin luovuttiin, samoin kuin monista muille paikkakunnille suunnitelluista ja myös jo aloitetuista hankkeista. Erityisesti käynnissä olleet RBMK-tyypin rakennushankkeet keskeytettiin kokonaan. Pisimmälle edenneistä VVER-reaktorihankkeista yhdeksän kuitenkin saatettiin hetken pysähdysten jälkeen päätökseen vielä 1980-luvun kuluessa. Myös länsimaissa, Suomi mukaan lukien, Tšernobylin onnettomuus pysäytti uusien ydinvoimalaitosten rakentamisen pitkiksi ajoiksi, eräissä maissa jopa kokonaan.

Neuvostoliiton hajoaminen vuonna 1991 merkitsi huomattavan ydinenergiatuotantokapasiteetin jäämistä uuden Venäjän rajojen ulkopuolelle: kaksi reaktoria jäi Liettuaan, yksi Armeniaan ja 14 Ukrainaan. Samalla seurasi myös taloudellisesti ja yhteiskunnallisesti sekasortoinen vaihe, jolloin tiukkaa keskusvaltaa edellyttäneet ydinvoimahankkeet eivät edenneet. Koko yhdeksänkymmenluvun aikana Venäjällä otettiin käyttöön vain yksi uusi ydinreaktori.

Lainsäädäntö ja turvallisuusvalvonta

Kuten useimmissa muissakin ydinenergian käytön uranuurtajamaissa, toimintaa hallitsevan lainsäädännön ja valvontatoiminnan kehittymisen seurasi Neuvostoliitossa jälkijunassa. Ydinenergian rauhanomainen käyttö oli sotilaallisten ratkaisujen sovellusta ja jo siitä syystä tietojen levittäminen oli rajoitettua. Neuvostoliiton oloissa sotilaallinen ja rauhanomainen käyttö kulkivat pitkään tiiviisti käsi kädessä. Keskiraskaan teollisuuden ministeriöksi naamioitu ydinase-sektori vastasi alkuun myös sähköntuotantoon tarkoitettujen ydinvoimalaitosten rakentamisesta. 1970-luvun puolella ydinvoimalaitosten rakentaminen ja käyttö siirrettiin kuitenkin siviilihallintoon eli Energiaministeriölle.

Minkäänlaisen riippumattoman valvontaelimen olemassa oloa ei pidetty tarpeellisena. Muisakaan omaa ydinenergiateollisuutta aloittavissa maissa kotimaiseen valmistavaan teollisuuteen ja käyttöorganisaatioihin ei alkuun kohdistunut senlaatuista epäluottamusta, joka olisi tehnyt tarpeelliseksi kahlita suunnittelijoiden, rakentajien ja käyttäjien toimintaa tiukoilla määräyksillä tai vaativilla valvontaviranomaisilla. Ajan mittaan useimmissa maissa nousi kuitenkin eriaviä mielipiteitä tehtyjen valintojen turvallisuudesta ja demokratian sääntöjä noudattaen valjastettiin toimeen yhteiskunnan etuja valvova viranomaiselin.

Neuvostoliitossa ydinvoima-ala piti yllä omaa sisäistä, laadusta ja turvallisuudesta huolta kantavaa kontrollitoimintoaan, mutta ulkomaisten esikuvien mukainen yhteiskunnan edun nimissä toimiva ulkopuolinen viranomaisorganisaatio perustettiin vasta vuonna 1984. Nuori organisaatio oli vaikutusmahdollisuuksiltaan varsin nimellinen vielä vuonna 1986, jolloin tapahtunut Tšernobylin onnettomuus viimeistään osoitti riippumattoman valvontaelimen olemassaolon välttämättömyyden. Viranomaisvalvontaelin Gosatomnadzor saikin onnettomuuden johdosta lisää resursseja ja vaikutusvaltaa, mutta mitään kiistatonta asemaa organisaatio ei ole saavuttanut tähän päivään mennessäkään. Organisaation nimeä sekä asemaa hallintokoneistossa on vaihdeltu niin tiheään, että toiminta ei ole päässyt vakiintumaan. Vuonna 2004 toimeenpannussa suuressa muutoksessa ydinturvallisuusvalvonta yhdistettiin yleisen teknisen turvallisuuden valvonnan kanssa samaan 13 000 hengen jättiorganisaatioon nimellä Rostehnadzor. Seuraavassa vaiheessa koko toiminto alistettiin luonnonvaraministeriön osaksi. Vuonna 2010 Rostehnadzor nostettiin jälleen itsenäiseksi pääministerin alaiseksi elimeksi. Jokaiseen muutosvaiheeseen liittyy laajaa hallintomääräysten uusimista samoin kuin henkilövaihdoksia.

Rostehnadzorin vaikutusvaltaa rajoittaa yhtäältä ydinvoimateollisuuden vahva asema maassa ja toisaalta oman kompetenssin puute. Ydinvoimaministeriö Minatom toimi aikoinaan

kuin ”valtio valtiossa” ja ministeriön jälkeläinen Rosatom-korporaatio kaikkine haaroineen, jotka ulottuvat uraanin louhinnasta ja ydinvoimalaitosten käytöstä ydinaseisiin, pyrkii jatkamaan samalla linjalla. Viranomaisorganisaation pätevyyden, osaamisen ja painoarvon nousua rajoittaa ehkä tehokkaimmin palkkaero teollisuuteen nähden. Kolmin-nelinkertaisen palkan tarjoava teollisuus imee kykenevän henkilöstön ja viranomaisen joutuu toimimaan nuorison ja eläkeläisten voimin.

Jättekysymys

Käytettyyn ydinpolttoaineeseen ja radioaktiivisiin jätteisiin liittyvät kysymykset eivät saaneet Neuvostoliiton aikana suurtakaan huomiota osakseen, mikä on sinänsä tyypillistä nopeasti uutta teknologiaa käyttöön ottavalle alalle. Pienten painevesireaktoriin (alusreaktorit ja VVER-440 reaktorit) käytetylle ydinpolttoaineelle tosin luotiin jälleenkäsittelyteknologia, joka tuotti uutta polttoainetta matalampirikasteista polttoainetta käyttäville RBMK-reaktoreille. Näistä tuleva käytetty polttoaine sen sijaan on alusta lähtien vain koottu laitospaikoille välivarastoihin odottamaan tulevaisuuden ratkaisuja. Välivarastojen täytyminen yli kolmen vuosikymmenen käyttöiminnan jälkeen pakottaa nyt vihdoin 2010-luvulla ratkaisuihin polttoaineen kuljettamiseksi laajoihin keskusvarastoihin pitkäaikaissäilytykseen. Myöskään VVER-1000 reaktoreiden käytetylle polttoaineelle ei ole kehitetty muuta ratkaisumallia kuin keskitetty varastointi.

Käytetyn polttoaineen ohella muuta radioaktiivista jätettä, kiinteää ja nestemäistä, on Neuvostoliitto/Venäjän ydinvoimahistorian aikana kertynyt huikeat määrät – venäläisten omien lehtitietojen mukaan jopa 500 miljoonaa kuutiometriä. Luvussa lienevät mukana myös erilaisissa sotilaallisissa ja rauhanomaisissa kokeiluissa saastuneet maa-alueet. Kuitenkin myös ydinvoimalaitosten käytöstä syntynyt jäte ylittää runsaasti vastaavat länsimaiset määrät siitä yksinkertaisesta syystä, että jätemäärän mi-

nimointiin ei ole kiinnitetty huomiota, eikä asia ole ollut kenenkään vastuulla. Ydinjätteitä koskevaa lakia ei ole ollut ja nyt kun laki on nähty välttämättömäksi, sen aikaansaaminen takeltelee nimenomaan vastuunkantajan nimeämisestä. Joka tapauksessa edessä on vuosikymmenien mittainen ja suuria investointeja vaativa urakka. Länsimaiden tuella paraikaa Luoteis-Venäjällä tehtävä käytöstä poistettujen ydinsukellusvenneiden purkaminen, sukellusvenetukikohdissa olevien jätevarastojen turvaaminen ja radioaktiivisten majakoiden korvaaminen aurinkoenergiatoimisilla laitteilla ovat vain urakan pieni pintaosa, jolla eliminoidaan ilmeisimmät uhat ympäristön saastumisesta tai aineiden joutumisesta terroristien käsiin.

Innovaatioita

Ydinvoimaa ideoitii Neuvostoliitossa estottomasti käytettäväksi sähköenergian tuotannon lisäksi muihinkin tarkoituksiin. Eri puolilla maailmaa harkinnassa olleita, mutta toteuttamatta jääneitä kaukolämpöä tuottavia paikallisia pienehköjä ydinreaktoreita ehdittiin Neuvostoliitossa maan viimeisinä vuosina rakentaa parikin kappaletta. Lämmityksen kohteiksi aiottujen kaupunkien (Voronež, Gorki) asukkaat nousivat kuitenkin perestroikan rohkaisemina vastarintaan eikä lämmityslaitosten käynnistäminen koskaan toteutunut. Tšernobylin onnettomuudella oli luonnollisesti merkittävä vaikutus yleiseen mielipiteeseen ja vastarinnan heräämiseen.

Uuden Venäjän aikana toteutusasteelle päässyt poikkeava idea on kelluva reaktori. Rantaan ankkuroidusta reaktorialuksesta voidaan toimittaa sähköä ja lämpöä kaupungille tai asutuskeskukselle. Idea ei sinänsä ole kovin mullistava: samoja reaktoreita on vuosikymmenet asennettu ydinsukellusveneisiin ja ydinjäänmurtajiin tuottamaan sähköä alusten potkureita pyörittäviin sähkömoottoreihin. Onpa Venäjällä kokeiltu ankkuroida ydinsukellusvene pohjoisen asutuskeskuksen rantaan ja vetää sieltä kaapelilla sähköä asukkaiden käyttöön. Ensimmäisen varsinaisen kelluvan ydinvoima-

laitoksen proomutyypinen alus on valmistunut ja reaktorin asennustyöt ovat menossa Pietarin telakalla. Vuonna 2012 valmistuvaksi ilmoitetun ensimmäisen voimalaitoksen sijoituspaikaksi on määrätty Tšukotkan niemimaa Pohjoisen Jäämeren rannalla Koillisyväylän varrella. Länsimaissa kelluvien ydinvoimalaitosten suunnitelmista on luovuttu. Pääsyyinä on ollut pelko voimalaitoksen joutumisesta radiologista tai ydinterrorismia suunnittelevien tahojen käsiin. Venäjä arvioi tällaisen riskin omilla pohjoisilla merialueillaan vähäiseksi. Toisaalta Venäjä havittelee kelluvien reaktorien vientiä mm. Kaakkois-Aasian epävakaille alueille, kuten Indonesiaan, missä tilanne terroristivaaran kannalta tuntuisi olevan kovasti toisenlainen.

Venäjä on tätä nykyä ainoa maa, jossa on käytössä hyötöreaktori. Tämän uudenlaisen reaktorityypin avulla on mahdollista hyödyntää uraanipolttoaineessa oleva energiamäärä monin kerroin tehokkaammin nykyisin käytössä oleviin reaktoreihin verrattuna. Yhdysvallat luopui tästä kehityssuunnasta 1970-luvulla presidentti Carterin päätöksellä, eikä ole asiaan sen koommin palannut. Ranskan ja Japanin aiemmat kokeilut ovat kariutuneet teknisiin takaiskuihin. Venäjän 600 MW tehoinen hyötöreaktori Belojarskissa sen sijaan on toiminut ilmeisen menestyksellisesti vuodesta 1981 asti ja viereen on valmistumassa isompi 800 MW reaktori. Hyötötekniikan luomien huimien näköalojen takia muissakin maissa (Ranska, Japani, Kiina, Intia) on nyt menossa alan uusia hankkeita. Venäjää voi kuitenkin pitää uusien reaktorityyppien kehittämisessä ja käyttöönotossa ehdottomana edelläkävijänä.

Tulevaisuudennäkymät

Venäjällä oli vuoden 2010 lopussa käytössä 10 paikkakunnalla yhteensä 32 ydinvoimalaitosyksikköä kokonaissähköteholtaan 24 242 MW. Ydinsähkön tuotanto vuonna 2009 oli 170 TWh eli osuus koko sähköntuotannosta oli noin 17 prosenttia.

Tulevaisuuteen tähtäävät suunnitelmat ovat suurisuuntaisia. Ydinsähkön osuus halutaan nos-

taa 25 prosenttiin ja näin säästää maakaasuvaroja myytäväksi Eurooppaan. Ydinvoiman tuotantokapasiteetti on määrä yli kaksinkertaistaa 51 200 MW:iin vuoteen 2020 mennessä. Tämä tarkoittaa 20 nyt rakenteilla olevan 1200 MW tyyppisen reaktorin ottamista käyttöön. 2020-luvun aikana on tarkoitus ottaa käyttöön toiset 20 uutta reaktoria. Kotimaisten hankkeiden lisäksi Venäjän havittelee merkittävää, jopa 40 prosentin osuutta ydinvoimarakentamisen vientimarkkinoista. Maailmalla leviävässä ydinvoimalaitosten tilaamishuomassa Venäjällä on eräitä vahvuuksia. Esimerkiksi Valko-Venäjän laskelmissa Venäjä on poliittisista, taloudellisista ja kulttuurisista ainoa edes esille tullut laitoistomittajavaihtoehto. Turkkiin Rosatom on tarjonnut vaihtoehdon, jossa venäläinen osapuoli rahoittaa ja rakentaa ydinvoimalaitoksen ja vastaa myös käyttötoiminnasta. Turkki saa sähkön sovittavaan kiinteään hintaan sitomatta omia resurssejaan. Muillakin markkinoilla Venäjän tarjoama luottorahoitus houkuttelee ostajia. Venäjän kehittämä reaktorimalli, 1200 MW:n tehoinen painevesireaktori on varsin houkutteleva. Lisäksi Venäjällä on tarjota sekä tuoretta ydinpolttoainetta että käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyä. Venäjä on ainoita maita, joka kykenee tarjoamaan koko ydinpolttoainekierron palvelut.

Suurille suunnitelmille on kuitenkin monia esteitä. Ongelmat ovat samoja kuin kaikkialla

maailmassa. Tšernobylin onnettomuuden vuonna 1986 aiheuttama ydinvoimarakentamisen lopahtaminen rapautti pahoin laitevalmistuskapasiteettia, rakennusprojektiokokemusta, suunnittelutaitoja, uusien asiantuntijoiden kouluttamista – sanalla sanoen kaikkia alaan liittyviä rakenteita. Useimmista länsimaista poiketen Venäjä kuitenkin piti kaiken aikaa yllä jonkintasoista ydinvoimaohjelmaa rakentaessaan valmiiksi eräitä 1980-luvulla kesken jääneitä hankkeita. Kokemusta kokonaan alusta rakennettavista uusista reaktoreista Venäjälle tarjoutui Kiinasta ja Intiasta tulleista muutaman reaktorin tilauksista sekä saksalaisten Iranissa 1970-luvulla aloittaman Busher-hankkeen saattamisesta päätökseen. Tämä vientitoiminta oli kuitenkin pelkkää teko-hengitystä verrattuna haasteeseen ottaa käyttöön kotimaassa joka vuosi kaksi uutta reaktoria ja samaan aikaan vielä operoida vientimarkkinoilla lähes samalla teholla. Kaikki nyt aloitetut tehostustoimenpiteet vaikuttavat vasta pitkällä viiveellä – esimerkiksi koulutuksen lisäämiseksi on ryhdytty toimiin eri tasoilla. Laitevalmistuskapasiteetin suhteen näyttää, että Neuvostoliiton aikaiseen politiikkaan kaiken valmistamisesta kotimaassa ei ole mahdollisuuksia. Ainakaan sähkö- ja automaatiolaitteiden osalta Venäjän oma teollisuus ei ole toistaiseksi kykenevä vastaamaan nykyajan vaatimuksiin.