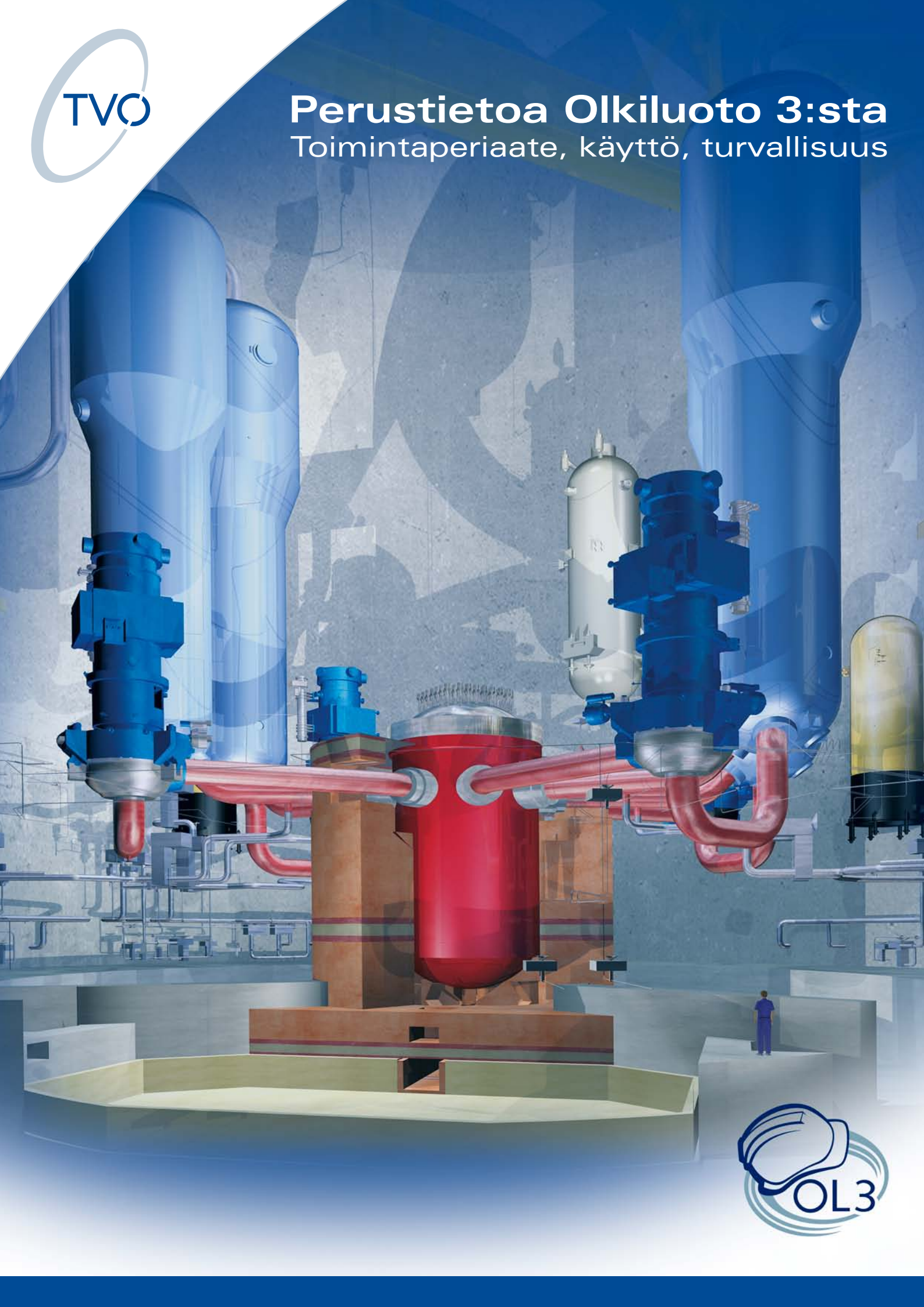




TVO

# Perustietoa Olkiluoto 3:sta

Toimintaperiaate, käyttö, turvallisuus







# Sisällys

---

5

TVO – ydinvoimayhtiö maailman huipulta

7

OL3:ssa edistyksellistä ja maltillista kehitystä

9

OL3 muodostuu kolmesta rakennuskokonaisuudesta

10

OL3:n toimintaperiaate

13

Huipputeknologia vaatii osaavaa käyttöhenkilöstöä

15

Sähköntuotannon käynnistys

17

Tasaista perusvoiman tuotantoa koko käyttöjakson ajan

19

OL3:n alasajo, vuosihuollot ja ydinjätehuolto

21

Ydinturvallisuus

25

TVO kantaa yhteiskuntavastuunsa

26

OL3 teknisiä tietoja ja mittoja

27

Sanasto

## LUKIJALLE

*Perustietoa Olkiluoto 3:sta -esitteen tavoite on antaa kaikille laitoksen yksiköistä kiinnostuneille perustietoa yksikön toiminnasta ja käytöstä sekä TVO:n toimintaperiaatteista. Esitteessä on myös ydinturvallisuutta ja ympäristöä koskevia asioita. Teknisempää tietoa löytyy OL3:n teknisestä esitteestä, jota voi – kuten tätäkin esitettä – tilata ja saada ilmaiseksi TVO:n verkkosivuilta osoitteessa [www.tvo.fi](http://www.tvo.fi).*





*TVO:n nykyisten ydinvoimalaitosyksiköiden Olkiluoto 1:n ja 2:n tuotanto kattaa noin kuudesosan Suomessa käytetystä sähköstä. Vuosittain Olkiluodossa tuotetusta sähköstä puolet menee suomalaisen teollisuuden käyttöön ja puolet muun yhteiskunnan kuten kotitalouksien ja julkisen sektorin tarpeisiin.*

OL2

OL1

OL3



# TVO – ydinvoimayhtiö maailman huipulta

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on 1969 perustettu yksityinen osakeyhtiö, joka tuottaa omistajilleen sähköä omakustannushintaan. TVO on ydinvoimalaitosyksiköiden Olkiluoto 1:n ja 2:n rakennuttaja, omistaja ja käyttäjä. Yhtiö rakennuttaa kolmatta voimalaitosyksikköä Olkiluoto 3:a (OL3) ja on jättänyt valtioneuvostolle periaatepäätöshakemuksen neljännestä yksiköstä.

TVO:n palveluksessa on noin 800 henkilöä. Henkilöstön vaihtuvuus on vähäistä, ja niinpä OL3-yksikön rakentamisessa on voitu hyödyntää kokemusta, jota henkilöstölle on kertynyt yli 30 vuoden aikana ydinvoimalaitoksen käytöstä ja kunnossapidosta. Henkilöstön osaamisen ylläpitäminen ja kehittäminen ovat tärkeitä asioita TVO:lla.

Jatkuva parantaminen ja ennakointi kuuluvat TVO:n arvoihin, sillä hyvääkin voi aina parantaa ja ennakointi auttaa ehkäisemään häiriöitä. Vankan ydinvoimaosaamisen ja laitosyksiköiden käytön, kehittämisen ja modernisointien myötä on pystytty parantamaan Olkiluodon laitoksen turvallisuutta, tuotantokykyä ja tuotannon taloudellisuutta.

## Kansainvälisen vertailun huippua

Olkiluodon laitosyksiköiden käyttökerroimet ovat 1990-luvun alusta lähtien olleet 93–98 prosenttia. Ne ovat pitkään olleet kansainvälisen vertailun kärkisijoilla. Huolellisella ja ennakoivalla vuosihoito- ja muutostyösuunnittelulla saavutetut korkeat käyttökerroimet kertovat TVO:n korkeasta ydinvoimaosaamisen tasosta ja laitosyksiköiden luotettavasta toiminnasta. Olkiluodon voimalaitoksella henkilöstön saamat säteilyannokset ovat pieniä kansainvälisessä vertailussa.



*TVO:n menestykselle tärkein voimavara on yhtiön noin 800 osaajalle kertynyt osaaminen ja kokemus.*

## TVO:n tapa toimia

TVO:n tavoite on olla yhteiskunnan arvostama ydinvoimayhtiö sekä pysyä maailman huipulla myös tulevaisuudessa. Tähän yhtiö pyrkii vastuullisesti, ennakkoiden, jatkuvan parantamisen periaatetta noudattaen ja avoimesti, hyvässä yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa.

Kaiken toiminnan peruspilareita ovat kuitenkin

korkeatasoinen laatu- ja turvallisuuskulttuuri: turvallisuus ja siihen vaikuttavat tekijät asetetaan päätöksiä tehtäessä aina taloudellisten tavoitteiden edelle. TVO:n toiminta-ajatus on tuottaa sähköä turvallisesti, luotettavasti, ympäristöä kuormittamatta ja taloudellisesti.

Samoja periaatteita noudatetaan myös OL3:lla jo sen rakentamisen aikana.

## OL3 vastaa kasvavaan sähköntarpeeseen

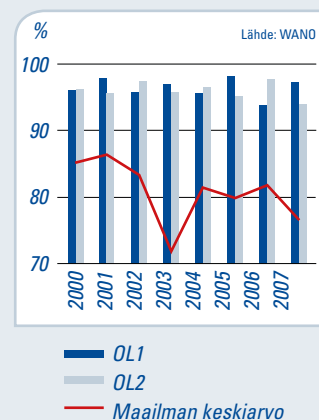
Ydinvoima on päästötön ja taloudellinen tapa tuottaa sähköä. Osittain sähkönkulutuksen kasvusta johtuen Suomen eduskunta vahvisti toukokuussa 2002 äänin 107–92 sen, että suomalaisen yhteiskunnan kokonaisedun mukaista on lisätä ydinvoimaa.

Lupa viidennen suomalaisen laitosyksikön rakentamiseen myönnettiin TVO:lle, joka teki investointipäätöksen OL3:sta joulukuussa 2003. Rakenteilla oleva OL3 on valmistusajankohdanaan yksi maailman suuritehoisimmista ydinvoimalaitosyksiköistä.

## Perustelut OL3:lle

- Korvaa käytöstä poistuvaa vanhaa, fossiilisiin energialähteisiin perustuvaa sähköntuotantokapasiteettia.
- Auttaa yhdessä uusiutuvia polttoaineita käyttävien laitosten kanssa Suomea toteuttamaan hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteita.
- Varmistaa vakaata ja ennustettavaa sähkön hintaa, mikä on tärkeä kilpailutekijä suomalaiselle teollisuudelle ja jokaiselle kansalaiselle.
- Auttaa vähentämään riippuvuutta tuontisähköstä.

## Kiehuvesilaitosten käyttökerroimet



Käyttökerroin on tarkasteltavana ajanjaksona tuotetun sähköenergian osuus prosentteina siitä sähköenergiasta, jonka laitos olisi kyseisenä ajanjaksona tuottanut toimiessaan keskeytyksettä täydellä teholla.

OL3 on uuden sukupolven painevesilaitos, jonka tekniikka perustuu hyviin käyttökokemuksiin ja -tuloksiin viimeisimmistä käyttöönotetuista eurooppalaisista reaktoreista. Esikuvana ovat olleet N4-laitokset Ranskassa ja Konvoi-laitokset Saksassa.



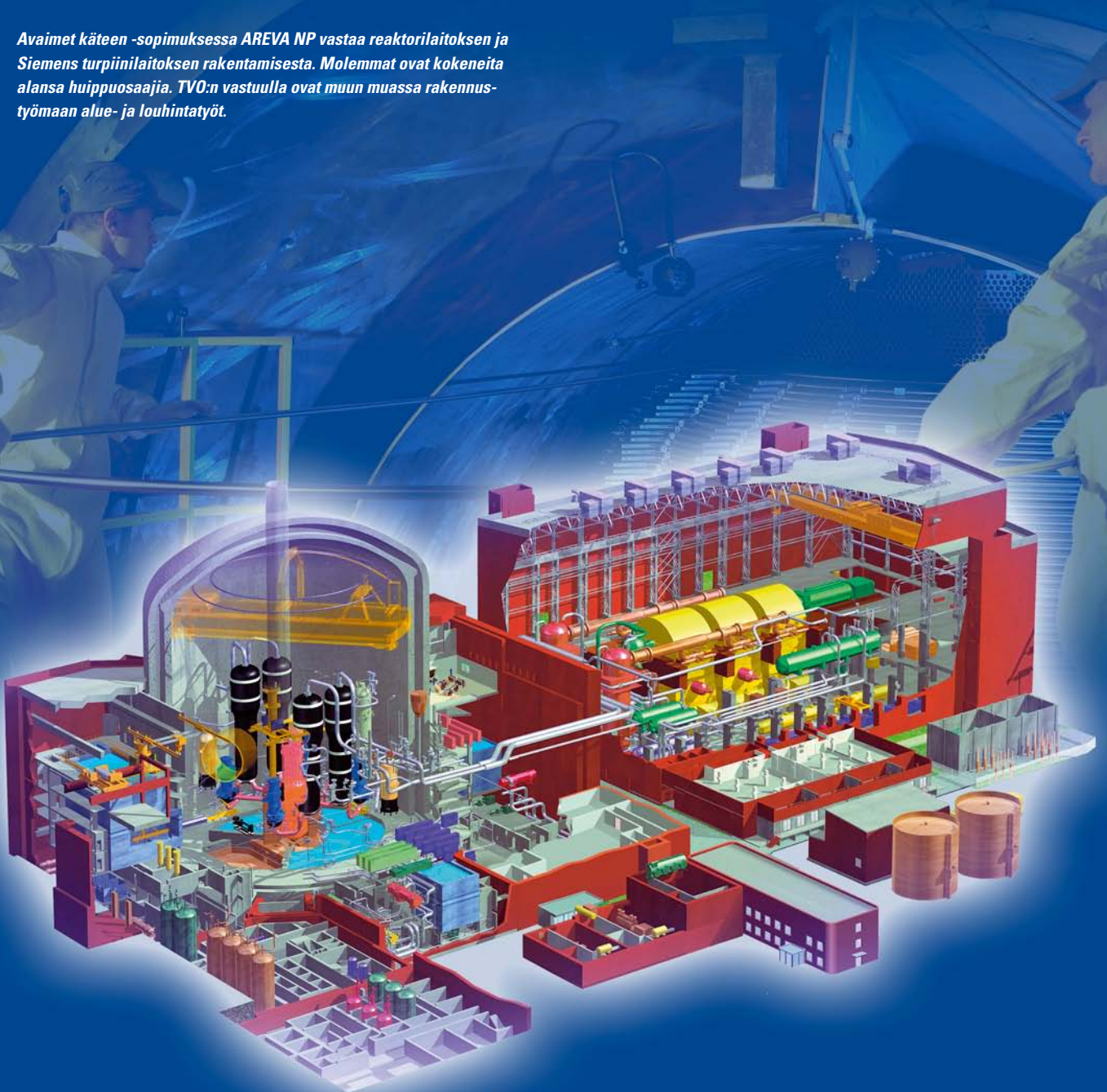
#### Saksa (Konvoi)

|                  |           |      |
|------------------|-----------|------|
| Emsland          | 1 290 MWe | 1988 |
| Isar 2           | 1 400 MWe | 1988 |
| Neckarwestheim 2 | 1 269 MWe | 1989 |

#### Ranska (N4)

|          |           |      |
|----------|-----------|------|
| Chooz 1  | 1 450 MWe | 1996 |
| Chooz 2  | 1 450 MWe | 1997 |
| Civaux 1 | 1 450 MWe | 1997 |
| Civaux 2 | 1 450 MWe | 1999 |

Avaimet käteen -sopimuksessa AREVA NP vastaa reaktorilaitoksen ja Siemens turbiinilaitoksen rakentamisesta. Molemmat ovat kokeneita alansa huippusaajia. TVO:n vastuulla ovat muun muassa rakennustyömaan alue- ja louhintatyöt.





# OL3:ssa edistyksellistä ja maltillista kehitystä

TVO teki joulukuussa 2003 investointipäätöksen teholtaan noin 1 600 megawatin painevesireaktorilla varustetun laitosesikön rakentamisesta Olkiluotoon. Monien hyvien vaihtoehtojen joukosta voimalaitostyyppiä valittiin tarjouskilpailun jälkeen EPR (European Pressurized water Reactor).

OL3:n rakentaa avaimet käteen -toimituksena AREVA NP:n ja Siemensin muodostama konsortio. Valintaan vaikuttivat turvallisuus- ja luotettavuustekijät, tekniset ratkaisut sekä sähkön tuotantokustannukset.

## Hyvän teknologian harkittua kehitystyötä

OL3 on edistyksellinen laitosesikkö, jonka rakentamisessa on hyödynnetty alan uusinta tietämystä samalla, kun laitosesikön tekniset perusratkaisut pohjautuvat esikuvana olleiden ranskalaisten ja saksalaisten ydinvoimalaitosten hyviin käyttökokemuksiin ja -tuloksiin.

Erityistä huomiota on kiinnitetty turvallisuutta entisestään lisääviin tekijöihin sekä tuotannon tehokkuuteen ja taloudellisuuteen. Esimerkiksi vakavien reaktorionnettomuuksien hallinta on huomioitu monin parannelluin ratkaisuin; moninkertaisista turvallisuusjärjestelmistä löytyy lisätietoa sivulla 20.

OL3:n taloudellisuudesta ja tehokkuudesta puolestaan kertoo se, että viimeisiin Euroopassa käyttöön otettuihin laitoksiin verrattuna OL3:n reaktoriteho on



*OL3:n tekniikkaa on kehitetty maltillisesti. Erityisesti huomiota on kiinnitetty turvallisuutta entisestään lisääviin tekijöihin sekä tuotannon tehokkuuteen ja taloudellisuuteen.*

noin yhden prosentin verran suurempi ja sähköteho noin kymmenen prosenttia suurempi. Tällöin sähkön tuotantokustannukset ovat pienemmät. Myös laitoksen polttoaineenkulutus on pienempi: OL3 tuottaa vähemmän pitkäikäisiä radioaktiivisia jätteitä megawattituntia kohden.

## Sähköä useaksi vuosikymmeneksi

OL3-yksikön on mahdollista päästä taloudellisesti vähintään 60 vuoden toiminta-aikaan, sillä vaikeasti vaihdettavissa olevat laitteet ja rakenteet, kuten reaktoripaineastia ja suojarakennus, on

suunniteltu kestämaan vähintään 60 vuotta. Muut rakenteet ja laitteet voidaan tarvittaessa uusia useammin.

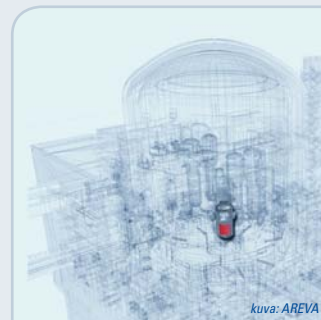
Kuten TVO:n käyvillä laitosesikoilla myös OL3:lla tullaan noudattamaan periaatetta, jonka mukaan laitosesikkö pidetään aina uudenveroisena. Tähän päästään toteuttamalla huolellisesti suunnitellut vuosihuollot, joilla tähdätään turvalliseen, luotettavaan ja taloudelliseen sähköntuotantoon.

## OL3:n vaiheita

- 4/1998 Soveltuvuustutkimukset aloitettiin
- 8/1998 Ympäristövaikutusten arviointiselostus
- 11/2000 TVO:n periaatepäätöshakemus
- 1/2002 Valtioneuvoston myönteinen päätös
- 5/2002 Eduskunta vahvisti periaatepäätöksen
- 9/2002–10/2003 Tarjouskilpailu
- 12/2003 TVO:n investointipäätös ja sopimuksen allekirjoitus
- 2004 TVO:n alue- ja louhintatöiden aloitus
- 2005 Työmaan luovutus laitostoitimittajalle ja rakentamisen aloitus

## Olkiluoto 3

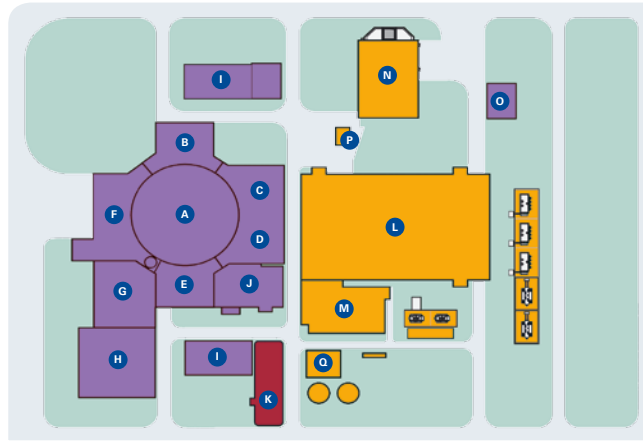
- painevesilaitos EPR
- teho 1 600 MW
- hyötysuhde 37 %
- 1 korkeapaine- ja 3 matalapaineturpiinia
- rakennusten kokonaistilavuus noin miljoona kuutiota, mikä vastaa noin kymmentä Suomen eduskuntataloa
- rakentamisesta vastaavat AREVA NP (reaktorilaitos) ja Siemens (turpiinilaitos)
- projektin investointipäätös tehtiin 2003. OL3 on ollut Suomen tähänastisen teollisuushistorian suurin yksittäinen investointi.



*Uraanipolttoainetta on OL3:n reaktorissa noin 130 tonnia.*

### OL3:n rakennuksia

- AREVA NP
- Siemens Power Generation
- TVO



- A Reaktorirakennus
- B Turvallisuusjärjestelmärakennus 1
- C Turvallisuusjärjestelmärakennus 2
- D Turvallisuusjärjestelmärakennus 3
- E Turvallisuusjärjestelmärakennus 4
- F Polttoainerakennus
- G Reaktorilaitoksen apurakennus
- H Jätteenkäsittelyrakennus
- I Dieselrakennus
- J Sisäänkulkurakennus
- K Toimistorakennus
- L Turpiinrakennus
- M Kytkinlaitos
- N Merivesipumppaamo
- O Varmennetun merivesijärjestelmän pumppaamo
- P Suponestojärjestelmän pumput
- Q Apuhöyrykattilarakennus

OL3 on maailman suuritehoisimpia laitosyksiköitä, ja on työmaana Suomen ja Euroopankin suurimpia. Sen rakenteissa on betoniterästä 52 000 tonnia ja betonia 250 000 kuutiota. Yksikköä on ollut rakentamassa yli 60 eri kansallisuutta; yrityksiä on ollut 30:sta eri valtiosta.





# OL3 muodostuu kolmesta rakennuskokonaisuudesta

Olkiluoto 3 sijaitsee Olkiluodon saarella käyvien laitosten länsipuolella. Yksikön rakennukset voidaan karkeasti jakaa kolmeen kokonaisuuteen: reaktorilaitokseen, turpiinilaitokseen sekä apu- ja tukirakennuksiin.

## Reaktorilaitos

Reaktorilaitoksen päärakennuksia ovat 64 metrin korkeuteen nouseva reaktorin suojarakennus sekä sitä ympäröivät polttoainerakennus ja neljä turvallisuusjärjestelmärakennusta. Kaikkien näiden rakennusten turvallisuusratkaisuissa on huomioitu erilaisia häiriölanteita ja näiden vaikutuksia.

Esimerkiksi suojarakennus, polttoainerakennus ja kaksi turvallisuusjärjestelmärakennusta on suojattu suuren matkustajalentokoneen törmäystä vastaan.

Reaktoriyksikkö, jossa yksikön lämpöenergia tuotetaan, on suojarakennuksessa. Polttoainerakennuksessa ovat paitsi tuoreen ja käytetyn polttoaineen säilytysaltaat myös korjaamotiloja. Käytettyä polttoainetta säilytetään muutamia vuosia polttoainerakennuksen vesialtaissa ennen välivarastointia ja loppusijoitusta. Näin säteilytaso ja lämpöteho laskevat huomattavasti.

Jätteenkäsittelyrakennuksessa käsitellään matala- ja keskiaktiivisia voimalaitosjätteitä. Vuosien kokemuksen ja tekniikan kehittymisen ansiosta jätettä kertyy vähemmän kuin aiemmin.

## Turpiinilaitos

Reaktorilaitoksella tuotettu lämpöenergia muutetaan turpiinilaitoksella turpiinien liike-energiaksi ja edelleen generaattorilla sähköenergiaksi. Tähän prosessiin tarvittavat komponentit on sijoitettu turpiinirakennukseen.



OL3:n turpiinit ovat maailman suuritehoisimpia. Kuvan matalapaineturpiinin halkaisija on leveimmillään lähes seitsemän metriä.

Turpiinilaitokseen kuuluvat myös merivesipumppaamo, kytkinlaitos sekä erilliset betonoidut tilat, joissa ovat laitosyksikön muuntajat. Merivesipumppaamon kautta pumpataan merivettä, jolla lauhdutetaan turpiineilta tulevaa höyryä lauhduttimessa jälleen vedeksi. Kytkinlaitokselta syötetään sähköä muun muassa turpiinilaitokselle sen eri toimintoja varten, ja päämuuntajan tehtävä on muuntaa generaattorilta tuleva 27 kV:n jännite valtakunnan verkkoon sopivaksi 400 kV:ksi.

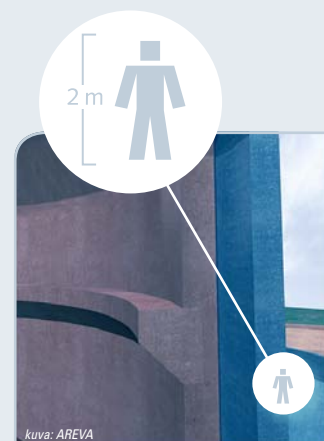
Painevesilaitokselle tyypilliseen tapaan turpiinilaitoksen säteilytaso ei poikkea merkittävästi luonnon taustäsäteilytasosta, koska reaktorilaitoksen prosessissa kiertävä radioaktiivinen vesi ja turpiinilaitoksen vesi-höyrykierto eivät ole kosketuksissa toisiinsa.

## Apu- ja tukirakennukset

Edellä mainittujen rakennuskokonaisuuksien lisäksi OL3:n alueella sijaitsee erilaisia tukirakennuksia, sisäänkulkurakennus sekä toimistorakennus. Toimistorakennuksesta on kulkusilta sisäänkulkurakennukseen, jossa on käyttöhenkilökunnan sosiaalitilat ja jonka kautta kuljetaan suojarakennukseen. Lisäksi laitosalueelle sijoittuvat kaksi dieselrakennusta. Näissä molemmissa on kaksi varavoimadieseliä, joilla varmistetaan laitosyksikön sähkönsaanti häiriötilanteissa.

## Moninkertaisia turvallisuusratkaisuja

Reaktorin suojarakennuksessa on turvallisuutta lisäävänä tekijänä kaksi sisäkkäistä rakennusta. Molempien seinärakenteet ovat paksua teräsbetonia. Lisäksi sisempi suojarakennus on vuorattu teräsellä. Teräsvuoraus takaa suojarakennuksen kaasutiiviyyden: se on mitoitettu pitämään epätodennäköisen, vakavan reaktorionnettomuuden vaikutukset rakennuksen sisällä. Laitosyksikön hallittua käyttöä lisäävät myös moninkertaiset turvallisuusjärjestelmät, jotka on sijoitettu toisistaan fyysisesti erilleen omiin rakennuksiinsa. Koska yksikin neljästä turvallisuusjärjestelmästä pystyy itsenäisesti suorittamaan vaaditun turvallisuustoiminnon, ei minkään yksittäisen laitteen vikaantuminen siten vaaranna laitosyksikön turvallisuutta.

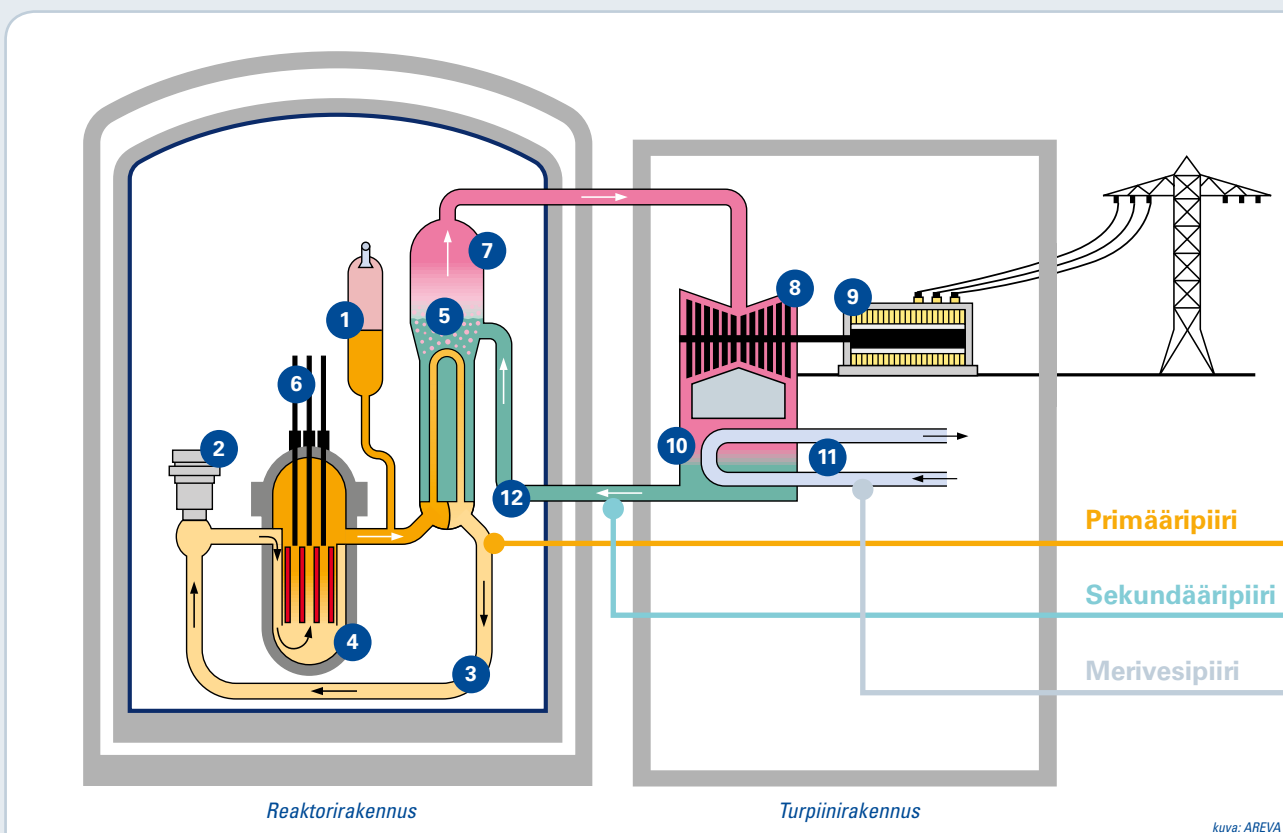


Suojarakennus on suunniteltu kestämään ison matkustajalentokoneen törmäyksen.



## OL3:n toimintaperiaate

OL3:n reaktorityyppiä nimitetään painevesireaktoriksi, koska reaktoripaineastian sisällä olevan korkean paineen ansiosta vesi ei kiehu. Painevesireaktorilla varustetussa laitoksessa on lämmönsiirtoon kaksi erillistä piiriä: reaktorilaitoksen primääripiiri ja turbiinipuolen sekundääripiiri. Näiden lisäksi on merivesipiiri, jonka tehtävä on jäähdyttää eli lauhduttaa sekundääripiirin kuumaa vesihöyryä vedeksi.



Sähköntuotanto on yksinkertaistettuna tiettyjen energiamuotojen muuntamista sähköenergiaksi. Ydinvoimalaitoksessa synnytetään ensin reaktorissa lämpöenergiaa sisältävää höyryä, jonka avulla pyöritetään turpiineja. Tämä liikeenergia muunnetaan turbiinien kanssa samalla akselilla olevalla generaattorilla sähköenergiaksi.

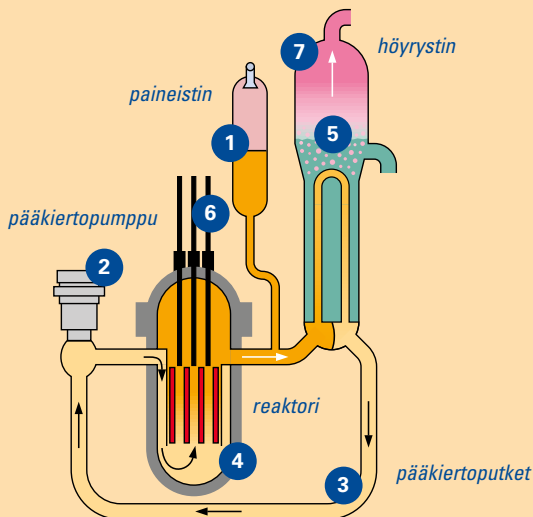


Periaate on sama muissakin niin sanotuissa lauhdevoimalaitoksissa, mutta niissä lämpöenergian aikaansaamiseksi käytetty polttoaine voi olla vaikkapa kivihiiltä tai biopolttoainetta. OL3:ssa polttoaine on uraanidioksidiä.

## Primääripiiri

**Primääripiirissä tuotetaan laitoksen lämpöenergia**

Paineistimen **1** avulla korkeassa paineessa pidettävä, paikoin lähes 330-asteinen jäähdye (joka on OL3:lla booripitoista vettä) kuumenee virratessaan reaktorin läpi ja kiertää pääkiertopumppujen **2** avulla primääripiirissä **3** ja luovuttaa reaktorin **4** tuottaman lämpöenergian sekundääripiirille **5** neljässä höyrystimessä **7**. Reaktorin tehoa säädetään säätöelementeillä **6**.



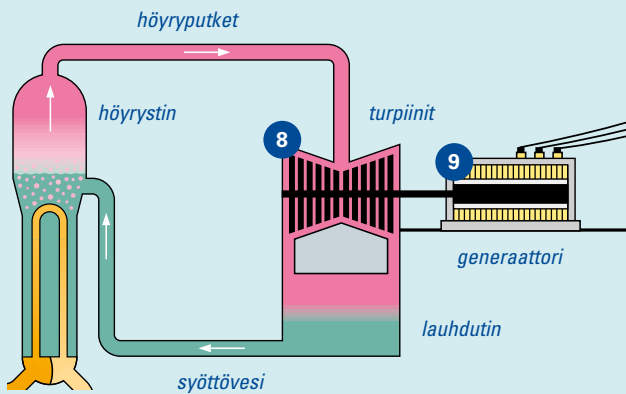
### **Pääkomponentit:**

- reaktori
- paineistin
- 4 höyrystintä
- 4 pääkiertopumppua

## Sekundääripiiri

**Sekundääripiirissä lämpöenergia muutetaan ensin liike-energiaksi, sitten sähköenergiaksi**

**Sekundääripiirin paine on huomattavasti primääripiirin painetta pienempi, mikä saa sekundääripiirin veden kiehumaan höyrystimissä. Tämä höyrystimiltä tuleva kuuma, lähes kuiva vesihöyry pyörittää turpiineja 8 1 500 kierrosta minuutissa. Turpiinien kanssa samalle akselille kytketyssä generaattorissa 9 turpiinien liike-energia muuntuu sähköenergiaksi.**



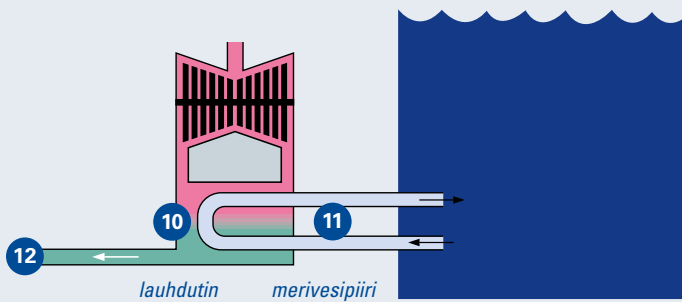
### Pääkomponentit

- korkeapaineturpiini
- 2 välitulistinta
- 3 matalapaineturpiinia
- generaattori ja magnetointikone
- lauhdutin
- merivesipumput
- lauhdepumput
- esilämmittimet
- syöttövesitankki
- syöttövesipumput

## Merivesipiiri

## Merivesipiirissä höyry lauhdutetaan vedeksi

OL3:n turpiineilta tuleva höyry lauhdetaan takaisin vedeksi lauhduttimessa **10**. meriveden **11** avulla. Lauhdevesi syötetään takaisin höyrystimiin syötövesipumpulla **12**. Lauhduttamisessa hyödynnetty merivesi lämpenee noin 11,5 astetta, ja se palautetaan mereen saaren toiselle puolelle.





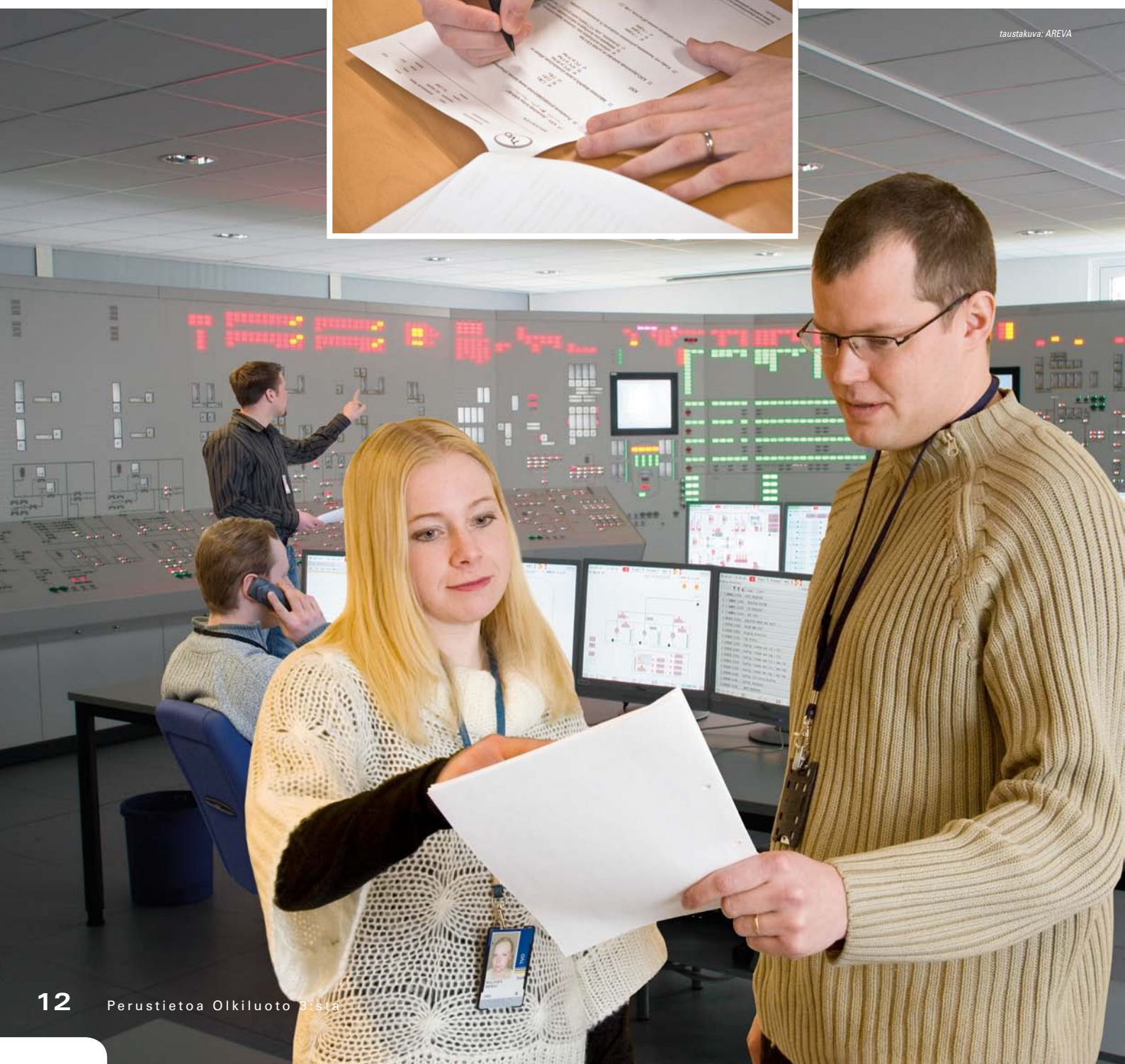
*Ydinvoimalaitoksen ohjaajien kouluttaminen on jatkuvaa. Laitostoimintoja tarkasti mukaileva simulaattorikoulutus on tärkeä osa osaamisen ylläpitoa.*



*Laitoksen ajoon oikeuttava lisenssi on voimassa kolme vuotta kerrallaan. Näyttö- ja teoriakokeet järjestää STUK.*



taustakuva: AREVA



# Huipputeknologia vaatii osaavaa käyttöhenkilöstöä

Sähköä ei synny ilman ammattitaitoista henkilöstöä. Erityisen vahvaa osaamista edellytetään valvomohenkilöstöltä, mutta laitoksen käyttö vaatii hyvää ammatillista osaamista ja yhteistyötä koko käyttöhenkilöstöltä.

Käyttöhenkilöstöön kuuluu valvomohenkilöstön lisäksi eri tekniikan alojen ammattilaisia sekä asiantuntijoita muun muassa säteily-suojelun, ydintekniikan ja kemian alalta. Yhtiö tarvitsee myös monenlaista muuta osaamista esimerkiksi informaatioteknologian, kiinteistöhallinnan, talous- ja hallintopalveluiden, henkilöstön kehittämisen ja viestinnän alalta.

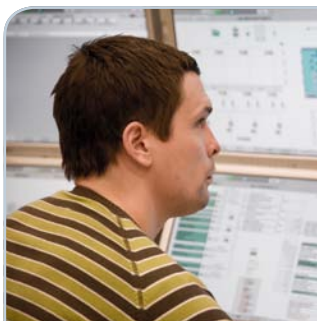
## OL3:lle noin 200 ydinvoimaosaajaa

OL3 edustaa tämän hetkisen teknologian kärkeä ja edellyttää siten myös hyvin koulutettua käyttöhenkilöstöä. Jokaisella TVO:laisella on perustiedot säteily-, ympäristö-, palo- ja työsuojelusta sekä yhtiön toimintakulttuurista. Näiden lisäksi jokainen osallistuu tehtävänsä edellyttämään ammatilliseen koulutukseen.

Vuorotöitä tekevän valvomohenkilökunnan koulutus on vaativaa: vain henkilöt, jotka ovat hyväksytysti läpäisseet Säteilyturvakeskuksen (STUK) näyttö- ja teoriakokeet ja saaneet lisenssin, voivat käyttää ydinvoimalaitosta ja toimia ohjaajina. Lisenssi on osoitus hyvästä laitostuntemuksesta sekä järjestelmien hallinnasta.

Ohjaajien peruskoulutus kestää kolme vuotta, ja se sisältää teoriaa, käytännön opiskelua ulkomaisilla ja TVO:n käyvillä laitoksilla sekä simulaattorikoulutusta.

OL3:n henkilöstöstä suuri osa on uusia TVO:laisia, mutta joukossa on myös kokeneita ydinvoimaosaajia sekä Olkiluodon että Loviisan käyviltä laitosyksiköiltä.



Yhteensä OL3:lla tulee työskentelemään noin 200 ydinvoimaosaajaa.

## Jatkuvaa ammattitaidon ylläpitoa

Henkilöstön pätevyyttä ylläpidetään TVO:lla monipuolisilla kouluttautumis- ja kehittämismahdollisuuksilla.

Ohjaajille se merkitsee jatkuvaa itseopiskelua, useita koulutuspäiviä ja vuosittaista kertauskoulutusta laitossimulaattorilla, joka on täydellinen kopio laitoksen valvomosta.

Simulaattorilla harjoitellaan kaikkia mahdollisia laitoksen käyttötapauksia. Häiriö- ja onnettomuustilanteiden harjoittelun ohella sillä varmistetaan käyttö-, häiriö- ja hätätilanneohjeiden oikeellisuus.

## Korkea osaamisen taso ja moraalit

TVO:n henkilöstö tietää, että ydinvoimalaitoksella työskentely edellyttää korkeaa ammattitaitoa ja tinkimättömyyttä. Jatkuva parantaminen ja ennakointi kuuluvat TVO:n arvoihin, ja näiden arvojen mukaisesti TVO:laiset etsivät kehittämis-kohteita ja suunnittelevat yhä parempia toimintatapoja.

TVO:n toiminta ja tuotanto ovat alan toimijoiden keskuudessa maailmanlaajuisesti arvostettuja. OL3:lla pyritään samoihin hyviin tuloksiin ja toimintamalleihin kuin käyvillä laitosyksiköillä, ja peruslähtökohta sille on ammattitaitoinen henkilöstö. OL3:lla työskentelevälle henkilöstölle on ollut suuri etu saada olla mukana jo laitoksen rakentamisvaiheessa.

## Ydinvoimalaitoksen valvomohenkilöstön peruskriteerejä

OL3:n valvomohenkilöstö tulee tekevään vuorotöitä. Kussakin vuorossa on 6 henkilöä: vuoropäällikkö, reaktioriohjaaja, turpiiniohjaaja, alueohjaaja ja 2 käyttömiestä. He kaikki ovat rekrytointiprosessissa osoittaneet

- korkeaa vastuuntuntoa
- harkitsevaa päätöksentekokykyä
- hyvää rutiinien sietokykyä
- soveltuvuutta vuorotyöhön sekä
- kiinnostusta ydinvoimalaitoksen toimintaa kohtaan.

Työskentely ydinvoimalaitoksella edellyttää lisäksi 18 vuoden ikää, nuhteettomuutta ja päihteettömyyttä.

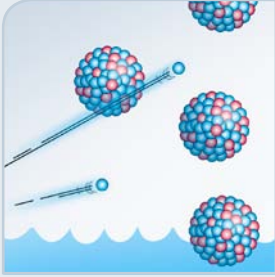


Ydinvoimalaitoksen ohjaajilta vaaditaan tarkkaa prosessituntemusta.

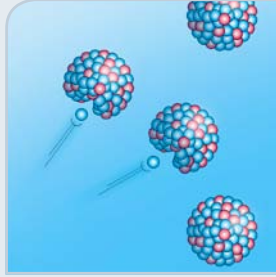


## Uraaniatomin halkeaminen eli fissio

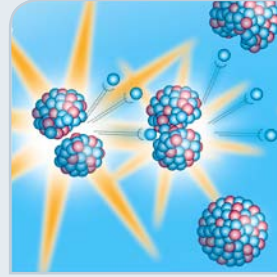
Fissio tarkoittaa hajoamista, halkeamista. Se on reaktio, jossa raskas atomiydin hajoaa kahdeksi keskiraskaaksi ytimeksi, jolloin vapautuu energiaa.



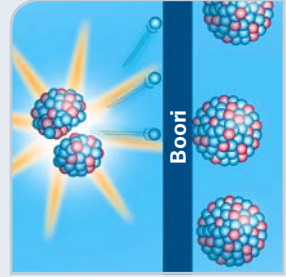
Neutronien liikenopeus on noin 20 000 km/s. Ilman hidastinta näiden ns. nopeiden neutronien liikenopeus on niin suuri, etteivät uraaniatomit pysty sieppaamaan niitä, eivätkä ne pysty aiheuttamaan merkittävässä määrin fissiota.



OL3:ssa hidastimena käytetään booripitoista vettä. Hidastetun neutronin liikenopeus on enää 4,4 km/s, jolloin niiden kyky halkaista uraaniytimiä kasvaa.



Fissiossa syntyy kaksi uutta atomia ja 2–3 nopeaa neutronia, joita vesi hidastaa ja jotka siten voivat edelleen halkaista uraaniatomeita, mikä ylläpitää ketjureaktiota.



OL3:ssa fissiota ja reaktorin tehoa hallitaan säätämällä jäähdytteen booripitoisuutta sekä säätöelementtejä.

## Fissio ydinvoimalaitoksessa

Nykyiset ydinvoimalaitokset perustuvat fissiotekniikkaan. Niissä saadaan aikaan energiaa halkaisemalla ydinreaktorissa uraani- ja plutoniumin raskaita ytimiä keskiraskaiksi, jolloin vapautuu energiaa ja neutroneja. Neut-

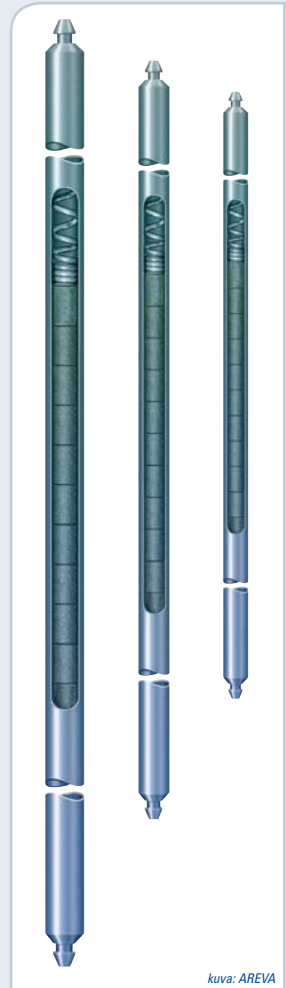
ronien vapautuminen aiheuttaa ketjureaktion, joka pitää ydinreaktion käynnissä. Energia vapautuu pääasiassa halkeamistuotteiden liike-energiانا, joka muuttuu lämpöenergiaksi ja joka muutetaan edelleen sähköksi.

## Polttoaineniput



<< OL3:ssa on 241 polttoainenippua. Yhdestä polttoainenipusta saadaan sähköenergiaa vuodessa noin 50 gigawattituntia. Viidellä polttoainenipulla voitaisiin siten kattaa koko Ahvenanmaan sähkönkulutus neljän vuoden ajan.

Yhdessä polttoainenipussa >>  
on 24 ohjausputkea ja 265 polttoainesauvaa (kuvassa). Polttoainesauvan sisällä on satoja polttoainetabletteja. Polttoainesauvan metallikuori muodostaa ensimmäisen esteen ympäristön ja polttoaineessa syntyvien radioaktiivisten aineiden välillä.



kuvassa: AREVA

# Sähköntuotannon käynnistys

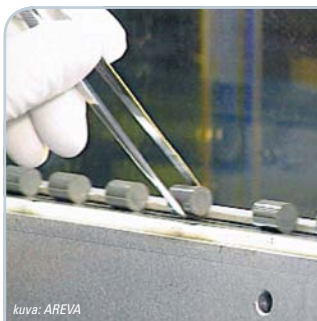
Ydinvoimalaitos on ydinfysiikan käytännön sovellus, jossa käytetään hallituissa oloissa hyväksi fission eli atomin halkeamisen aiheuttamaa ketjureaktiota, ja siinä syntyvää lämpöenergiaa.

Ydinfission aikaansaamiseksi ja sähköntuotannon käynnistämiseksi tarvitaan polttoainetta (jossa uraaniytimet halkeavat), neutroneita (jotka aiheuttavat halkeamiset) sekä hidastinainetta (joka hidastaa neutroneita ja lisää halkeamistodennäköisyyttä).

Kaikkia edellä mainittuja tekijöitä tarvitaan ketjureaktion ylläpitämiseksi. OL3:n polttoaine on uraanidioksidi, joka on puristettu pieniksi, noin yhden senttimetrin korkuisiksi tableteiksi. Hidastimena käytetään booripitoista vettä, joka toimii samalla primääripiirin lämpöä johtavana jäähdytteenä.

## Laitosyksikön ensimmäinen ylösajo

Tuoreessa polttoaineessa ei ole radioaktiivisia aineita ihmiselle haitallisia määriä. Se säteilee hyvin heikosti ja se tuottaa vain rajoitetusti fissioita aikaansaavia neutroneja, minkä vuoksi sähköntuotannon ensimmäistä käynnistystä voidaan huomattavasti helpottaa käyttämällä erillisiä neutronilähteitä. Neutronilähteet mahdollistavat fissiot, ja lisäämällä fissioiden määrää hallitusti reaktorin teho nousee.



*Yhden polttoainesauvan sisällä on satoja polttoainetabletteja. Noin kahdeksalla polttoainetabletilla pystytään tuottamaan sähköä vuoden ajaksi nelihenkiselle perheelle, joka asuu omakotitalossa, jossa on suora sähkölämmitys.*

Kun käyttöjaksolle suunniteltu energiamäärä on tuotettu, vaihdetaan osa reaktorisydämen polttoaineesta uuteen vuosihuollon aikana. Reaktoriin jäävässä polttoaineessa on riittävästi ketjureaktion käynnistämiseen tarvittavia neutroneja, minkä vuoksi seuraavissa käynnistyksissä ei erillistä neutronilähdettä enää tarvita.

## Ydinsähkön tuotantoa valtioneuvoston luvalla

OL3:n ylösajo ja sähköntuotannon käynnistäminen edellyttävät, että koko laitosyksikkö on valmis käyttöönottoa varten ja että valtioneuvosto on myöntänyt ydinvoimalaitokselle käyttöluvan. Käyttöluvan myöntäminen edellyttää, että

- rakentamisessa on noudatettu rakentamisluvan määräyksiä
- STUK on todennut laitoksen täyttävän asetetut turvallisuusvaatimukset
- ydinjätehuollon järjestelyt ja rahoitus ovat riittävät
- laitoksen käyttöhenkilökunnan kelpoisuus ja koulutus ovat asianmukaiset.

OL3:n käyttö lupaa aiotaan hakea vuosi ennen kaupallista käyttöä.

## TVO, viranomaisvalvonta ja kansainvälinen yhteistyö

Säteilyturvakeskus eli STUK on Suomessa ydinvoimalaitosten koko elinkaaren eri vaiheita valvova viranomainen. Sen laatima ja ylläpitämä ohjeistokokoelma määrittelee ne tekniset turvallisuusvaatimukset, jotka ydinvoimalaitoksen on täytettävä niin rakentamisessa kuin käytönkin aikana.

STUK on ollut vahvasti mukana OL3-projektissa. Valvovana viranomaisena se on muun muassa suorittanut ennakkotarkastuksia sekä valvonut komponenttien valmistusta ympäri maailmaa. Myös uuden laitosyksikön käyttöönoton valvonta kuuluu STUKille.

TVO tekee paljon yhteistyötä eri ydinvoima-alan tahojen kanssa ja on mukana kansainvälisissä ydinvoimayhteisöissä. Näitä ovat muun muassa IAEA, Euratom ja WANO. Tarkoituksena on edistää omaa ydinvoimaosaamista ja hankkia kanavia, joista saada tietoa ja tukea laitosten käytön ja turvallisuuden kehittämiseksi.



**IAEA**  
International Atomic Energy Agency



**EURATOM**



World Association of Nuclear Operators

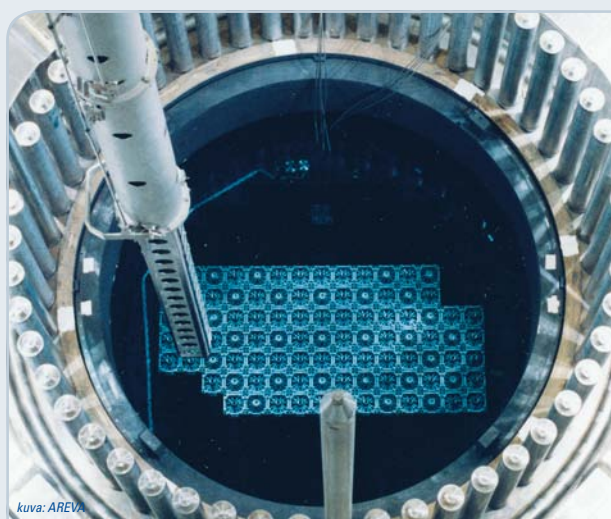




kuva: AREVA

#### << **Reaktoritehon säätö**

Reaktorin tehoa säädetään säätöelementtien sormisäätösauvoilla. Säätöelementtejä liikutetaan pystysuunnassa polttoainenippujen sisällä. Jos kaikki reaktorin 89 säätöelementtiä ajettaisiin reaktorin polttoainenippujen sisään, reaktori sammuisi.



kuva: AREVA

Olennaista reaktorin käytössä on se, että reaktorissa olevat eri-ikäiset ja -tehoiset polttoaineniput on sijoitettu oikein. Tasainen tehokauma reaktorissa varmistaa hyvän turvallisuustason sekä polttoaineen taloudellisen käytön.



TVO:lla on oma kemian laboratorio, joka palvelee eri organisaatioyksiöitä tuottamalla luotettavia ja tarkkoja analyyseja ja mittaustuloksia. Tuloksia hyödynnetään muun muassa prosessien valvonnassa ja säätämisessä.

# Tasaista perusvoiman tuotantoa koko käyttöjakson ajan

TVO:lla tähdätään ennustettavaan ja häiriöttömään sähköntuotantoon eli siihen, että laitoksiesiköt tuottavat sähköä tasaisesti koko käyttöjakson ajan aina seuraavaan vuosihuoltoon asti. OL3 on suunniteltu siten, että sen käyttöjakso voi olla 12–24 kuukautta.

Lähtökohta TVO:lla on, että yksiköitä ajetaan täydellä teholla koko käyttöjakson ajan. Taloudellisen tuotannon saavuttamiseksi tehoa lasketaan käyttöjakson aikana suunnitellusti ainoastaan määräaikaistestauksia varten.

## Tuotanto vaatii jatkuvaa tarkkailua

Tehon muutokset ovat käytön aikana verrattain hitaita. Ydinvoimalaitoksen prosesseja ja eri komponenttien toimintaa valvoo koko ajan käyttöhenkilöstö apunaan pitkälle kehitetty automaatio.

OL3:n käytön valvonnasta vastaavan käyttövuoron muodostavat vuoropäällikkö, reaktori- ja turpiinohjaajat, alueohjaaja sekä kaksi käyttöhenkilöä. Jokainen käyttövuoro ylläpitää käyttöpäiväkirjaa, millä varmistetaan tiedonsiirto esimerkiksi vuorojen kesken ja dokumentoidaan reaktorin käyttötapaukumat.

Korkea turvallisuuskulttuuri edellyttää tinkimätöntä sääntöjen noudattamista ja valppautta kunkin omissa työtehtävissä.

## Määräaikaistestit varmistavat laitteiden ja järjestelmien toiminnallisuuden

Laitosyksikön laitteiden ja järjestelmien toimintoja testataan määräajoin. Näin var-



mistetaan laitteiden ja järjestelmien turvallisuus ja käytettävyyys. Määräaikaistestien avulla pyritään myös havaitsemaan mahdolliset viat hyvissä ajoin ennen kuin ne voisivat aiheuttaa käyttöhäiriöitä.

Määräaikaistestejä ja -tarkastuksia suoritetaan etukäteen määritellyn ja hyväk-

sytytyn ohjelman ja aikataulun mukaisesti. Suoritusväli eri laitteiden tai järjestelmien välillä voi vaihdella yhdestä kuukaudesta kymmeneen vuoteen, mutta turvallisuudelle tärkeimmät ohjaus- ja valvontamekanismit testataan jopa kuukauden välein.

Valtaosa määräaikaistesteistä tehdään ajettaessa laitossyksikköä täydellä teholla. Ainoastaan muutamien määräaikaistestien edellytyksenä on tehon alennus, ja ne näkyvät tuotantotilastoissa lyhytaikaisina tuotannon menetyksinä.

## Säännöllistä raportointia

STUK tarkastaa käytön aikana määräajoin laitoksen käyttö-, kunnossapito- ja valvontatoimia. Lisäksi TVO raportoi STUKille säännöllisesti laitoksen käytöstä. Esimerkiksi vuorokausiraportti sisältää tiedot laitoksen edellisen vuorokauden käyttötapaukumista. Tuotantotiedot ja eri järjestelmien valvontatulokset samoin kuin henkilökunnan säteilyannokset raportoidaan kuukausittain.

## Suomi kuluttaa vuosittain sähköä lähes 90 TWh

Suomalainen kuluttaa sähköä enemmän kuin muut eurooppalaiset keskimäärin. Vuoden 2008 tilastojen mukaan siinä missä suomalainen kulutti noin 16,5 megawattituntia, kulutti saksalainen vuodessa vain 7,5 megawattituntia.

Jotta Suomen vuotuinen kokonaiskulutus, lähes 90 terawattituntia, pystyttäisiin kattamaan, tarvittaisiin lähes seitsemän OL3:a! Suomen sähköntuotantokapasiteetti ei tällä hetkellä riitäkään, vaan osa sähkötarvetta katetaan tuontisähköllä. Pääosa eli 2/3 tuodaan Venäjältä ja 1/3 Ruotsista.

Omaparaisuusasteen lisäämisen on poliittisesti linjattu olevan yhteiskunnan kokonaisedun mukaista, ja TVO jätti valtioneuvostolle huhtikuussa 2008 periaatepäätöshakemuksen neljännen ydinvoimalaitosyksikön rakentamisesta Olkiluotoon. OL3-projektin myötä TVO:lla on hyvät valmiudet aloittaa OL4-hanke nopeasti ja tuottaa suomalaisille neljän laitossyksikön voimin ilmastonmuutosta hillitsevää, kohtuuhintaista ja luotettavaa ydinsähköä.



Sähkön arvioidaan lisääntyvän tulevaisuudessa myös autojen energialähteenä.



### **Polttoaineen käsittely OL3:lla**

Tuoreessa polttoaineessa ei ole ihmiselle haitallista määrää säteilyä. Sitä voidaan varastoida polttoainerakennuksessa joko tuoreen polttoaineen kuivavarastossa tai veden alla polttoainealtaiden varastointitelineissä, joissa säilytetään myös käytettyjä polttoainenippuja. Käytettyjä polttoainenippuja käsitellään aina veden alla. Vesi sekä jäähdyttää nippuja että toimii tehokkaana säteilysuojana.

Polttoaineen vaihtoseisokissa osa reaktorissa olleista, tehonsa menettäneistä nipuista korvataan tuoreilla. Käytettäessä reaktoria esimerkiksi vuoden jaksoissa vaihdetaan neljäsosa polttoaineesta.



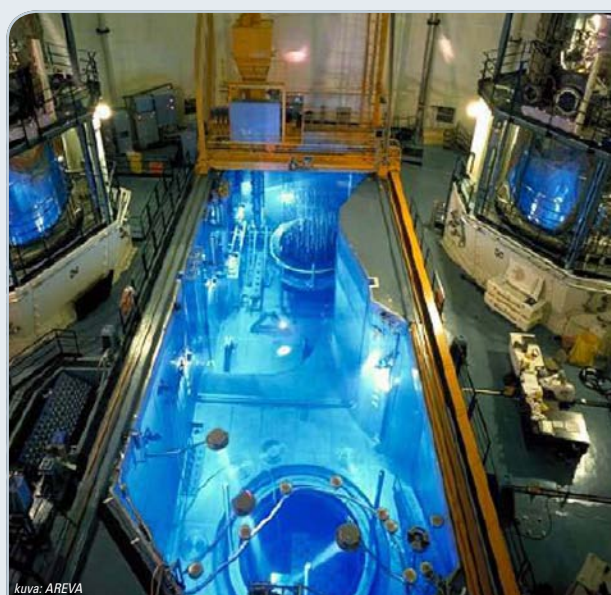
Vuosihuoltojen aikana testataan järjestelmien toimintaa ja yksikön turvallisuus- ja käytettävyystekijöitä.



Polttoainerakennuksessa varastoidaan sekä tuoretta että reaktorista poistettua polttoainetta. Vuoden aikana käytetyn polttoaineen radioaktiivisuus vähenee sadasosaan.

Reaktorista poistettua polttoainetta varastoidaan ensin joitakin vuosia polttoainerakennuksessa, minkä jälkeen se siirretään käytetyn polttoaineen välivarastoon eli KPA-varastoon, joka on yhteinen OL1:n ja OL2:n kanssa. Polttoainenippuja säilytetään KPA-varaston vesialtaissa useita vuosikymmeniä. Tänä aikana niiden radioaktiivisuus ja lämmön tuotto laskevat alle tuhannesosaan alkuperäisestä, mikä helpottaa niiden jatkokäsittelyä.

TVO:n käytetty polttoaine tullaan loppusijoittamaan Olkiluotoon.



Polttoaineenvaihto suoritetaan vuosihoitojen aikana, jolloin osa polttoaineesta vaihdetaan tuoreeseen.



Käytettyä polttoainetta varastoidaan KPA-varastossa useita vuosikymmeniä ennen loppusijoitusta.

# OL3:n alasajo, vuosihuollot ja ydinjätehuolto

TVO:n tavoitteena on käyttää ja ylläpitää OL3-ydinvoimalaitos-yksikköä samojen käyttö- ja ylläpitoperiaatteiden mukaisesti, joilla Olkiluodossa on tuotettu menestyksekkäästi sähköä yli 30 vuoden ajan.

OL3:n on mahdollista päästä taloudellisesti vähintään 60 vuoden käyttöikänsä. Tavoite saavutetaan muun muassa huolellisesti suoritetuilla vuosihuolloilla, joiden suunnittelu käynnistetään hyvissä ajoin ennen toteutusta. Vuosihuollot vaativat eri asiantuntijaryhmien saumatonta yhteistyötä.

## Yksikön alasajo

Laitosyksikön reaktoritehoa lasketaan ennalta tehdyn suunnitelman mukaan ajamalla säätösauvat polttoainienippujen sisään.

Reaktoritehon ollessa riittävän alhaalla laitosyksikkö irrotetaan valtakunnan kantaverkosta, reaktori sammutetaan ja vuosihuolto-suunnitelman mukaiset toimenpiteet voidaan aloittaa.

Vuosihuoltojen aikana vaihdetaan osa reaktorisydämen polttoaineesta, tehdään laitteistojen kunnossapitotöitä sekä testataan yksikön turvallisuus- ja käytettävyystekijöitä. Vuosihuoltojen aikana pystytään testaamaan myös sellaisten järjestelmien toimintaa, joita ei voida käytön aikana testata.

## OL3:n huollettavuuteen panostettu

OL3:ssa on ratkaisuja, jotka helpottavat sekä yksikön käyttöä että huoltotoimenpiteitä. Myös yksikön vuosihuoltojen kestoa ja siten huoltokustannuksia on pystytty vähentämään.

Tärkeä kehityksen askel on otettu lisäämällä sellaisia teknisiä ratkaisuja, jotka vähentävät kunnossapitohenkilöstön saamaa säteilyä.



*Vuosihuoltoja suoritetaan valitun käyttöjakson mukaisesti 12–24 kuukauden välein. Niiden aikana OL3 työllistää noin tuhat ylimääräistä työntekijää.*

## Ydinjätehuolto

Radioaktiiviset jätteet erotellaan niiden aktiivisuuden sekä fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien mukaan. Pääjaottelukriteerin mukaisesti ydinvoimalaitoksella syntyy kolmenlaista ydinjätettä:

- korkea-aktiivinen käytetty polttoaine
- keskiaktiivinen voimalaitosjäte ja
- matala-aktiivinen voimalaitosjäte.

Matala-aktiivista jätettä on voimalaitoksen käytössä huoltotoimissa kertynyt sekajäte, jossa on mukana esimerkiksi suojarusteita, muoveja ja työkaluja. Keskiaktiivista jätettä puolestaan ovat voimalaitoksen prosessiveden puhdistuksessa syntyvät suodatinmassat. Molemmat jätteet pakataan tynnyreihin, jotka viedään betonilaatikoissa omiin siiloihinsa Olkiluodossa sijaitsevaan voimalaitosjätteiden loppusijoitusluolaan eli VLJ-luolaan.

OL3:n käytettyä polttoainetta pidetään ensin muutamia vuosia yksikön polttoainerakennuksen vesialtaassa, josta se siirretään käytetyn polttoaineen välivarastoon eli KPA-varastoon. Varastoinnin aikana polttoaine jäähtyy ja radioaktiivisuus vähenee, mikä helpottaa sen jatkokäsittelyä.

Käytetty polttoaine loppusijoitetaan satojen metrien syvyyteen peruskallioon. TVO:n ja Fortum Power and Heat Oy:n omistama Posiva Oy huolehtii osakkaidensa Olkiluodon ja Loviisan ydinvoimalaitosten käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta. Loppusijoitusluolan on tarkoitus olla käytössä 2020.

## Vähemmän jätettä, enemmän sähköä

*Radioaktiivista jätettä kertyy TVO:lla aiempaa vähemmän. Merkittävänä tekijänä tässä kehityksen suunnassa on ollut sekä varsinaisen teknologian kehittyminen että ydinvoimalaitoskäytäntöjen järjeistämisen.*

*Esimerkiksi työkalujen, komponenttien ja tarvikkeiden suoja- ja pakkausmuovit poistetaan jo ennen niiden viemistä laitokselle, mikä vähentää matala-aktiivisen jätteen määrää.*

*OL3:ssa käytetyn edistyksellisen teknologian ansiosta polttoainetta pystytään hyödyntämään tehokkaammin. Verrattuna käytössä oleviin eurooppalaisiin laitoksiin, radioaktiivista polttoainetta syntyy vähemmän jokaista megawattituntia kohden.*



*Kiinteät voimalaitosjätteet pakataan 200 litran tynnyreihin ja betonilaatikoihin.*





*Turvallisuusjärjestelmien suunnitteluperiaatteena on pyrkiä poikkeus-tilanteissa reaktorin nopeaan sammuttamiseen eli reaktoripikasulkuun.*

*Nopean pikasulun ansiosta reaktorin teho saadaan nopeasti alas.*

*Pikasulkuaika OL3:lla on 3,5 sekuntia.*

**Turvallisuusjärjestelmä koostuu neljästä itsenäisestä, ongelmatilanteessa toisensa korvaavasta osajärjestelmästä 1 2 3 ja 4**

Reaktorirakennuksen  
jäähdytysjärjestelmän  
ruiskutussuuttimet

Höyrystimet (4 kpl), ensisijainen  
tapa siirtää lämpöä primääri-  
piiristä, kun primääripiirin  
lämpötila on yli 120 °C

Hätäjäähdytysvesiallas  
(1 kpl) ja suojarakennuksen  
jäähdytysjärjestelmien  
lämmönvaihtimet (2 kpl)

Paineakut (4 kpl), joissa 35-40 m<sup>3</sup>  
jäähdytettä, "työntövoimana"  
paineistettu typpi

Keskipaineiset hätä-  
jäähdytuspumput (4 kpl)

Lämmönvaihtimet alle  
180 °C lämpötiloihin (4 kpl)

Matalapaineiset hätäjäähdytuspumput (4 kpl)

Sydänsulan leviämialue (170 m<sup>2</sup>)

# Ydinturvallisuus

Yksi ehdottomista peruspilareista TVO:lla on ydinturvallisuuden varmistaminen. Ydinturvallisuuteen vaikuttavat tekijät saavat kuitenkin tärkeytensä edellyttämän huomion, ja ne menevät päätöksiä tehtäessä taloudellisten tavoitteiden edelle.

Yleisenä tavoitteena niin OL3:lla kuin TVO:lla yleensäkin on ydinvoimalaitoksen turvallisuuden varmistaminen siten, ettei laitoksen käytöstä aiheudu haittaa ihmisille tai ympäristölle. Ydinturvallisuus muodostuu sekä hyvästä turvallisuuskulttuurista ja toimintatavoista että teknisistä turvallisuusratkaisuista.

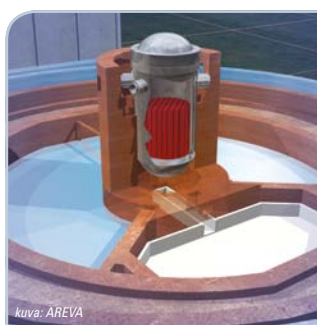
## Moninkertaiset ja rinnakkaiset turvallisuusjärjestelmät

OL3:ssa on poikkeuksellisia tilanteita varten neljä rinnakkaista ja toisiaan korvaavaa turvallisuusjärjestelmää. Tällä tarkoitetaan, että useat eri laitteistot ja järjestelmät hoitavat samaa tehtävää.

Erityisenä varotoimenpiteenä turvallisuusjärjestelmät on sijoitettu neljään erilliseen rakennukseen samanlaisen vioittumisen estämiseksi.

Koska yksikin neljästä turvallisuusjärjestelmästä pystyy itsenäisesti suorittamaan vaaditun turvallisuustoiminnon, ei minkään yksittäisen laitteen vikaantuminen siten vaaranna laitoksen turvallisuutta.

Häiriö- ja onnettomuustilanteita ohjataan OL3:ssa hyvin pitkälle digitaalisilla järjestelmillä. Reaktorin suojaus- ja turvallisuustoiminnot on automatisoitu, mikä antaa laitoksen käyttöä valvovalle henkilöstölle 30



*OL3:ssa on varauduttu myös erittäin epätodennäköiseen, vakavaan reaktorionnettomuuteen. Mikäli jokainen neljästä, toisistaan riippumattomasta turvallisuusjärjestelmästä voittuisi samaan aikaan ja mikäli reaktorisydän sulaisi, johdetaan sydänsula sille tarkoitetulle leviämisalueelle jäädytettäväksi. Reaktorin suojauskennus pidättää onnettomuudessa vapautuneet radioaktiiviset aineet sisällään, ja näin onnettomuuden vaikutukset laitosalueen ulkopuolella ovat vähäiset sekä ajallisesti että alueellisesti.*

minuuttia aikaa suunnitella korjaavia toimenpiteitä.

Turvallisuuden maksimoimiseksi tärkeimpien digitaalisten turvallisuusjärjestelmien rinnalle asennetaan lisäksi erillinen, perinteinen analoginen järjestelmä, jonka kautta saatujen tietojen perusteella laitoksen ja reaktorin tilaa voidaan tarvittaessa tulkita oikeiden korjaavien toimenpiteiden tekemiseksi.

## Turvallisuutta lisätty entisestään

OL3:ssa on useita toimivia ja hyväksi koettuja turvallisuusominaisuuksia. Kehittämisen pääpaino on ollut itse turvallisuusjärjestelmissä, häiriötilanteiden vaikutusten minimoinnissa sekä vakavan reaktorionnettomuuden estämisessä.

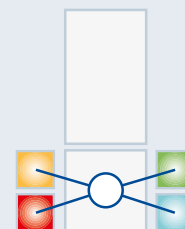
Ydinturvallisuutta ylläpitävissä ratkaisuissa on otettu huomioon monia ulkoisia ja sisäisiä häiriötekijöitä. Esimerkiksi reaktorirakennuksen perustuksena on kolme metriä paksu teräsbetoni-laatta, joka suojaa reaktorirakennuksen tiiviyttä, mikäli maaperä liikkuisi. Laitosturvallisuutta lisäävät myös reaktorirakennuksen, polttoainerakennuksen ja kahden turvallisuusjärjestelmärakennuksen paksut teräsbetoniset ulkorakenteet, jotka on suunniteltu kestäämään ison matkustajalentokoneen törmäyksen.

## ESIMERKKEJÄ MUISTA TÄRKEISTÄ TURVALLISUUSPERIAATTEISTA



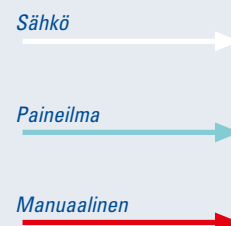
*Turvajärjestelmät koostuvat useista toisiaan korvaavista rinnakkaisista osajärjestelmistä.*

## Erotteluperiaate



*Turvajärjestelmien rinnakkaiset osajärjestelmät sijoitetaan siten, että niiden yhtäaikainen vaurioituminen esimerkiksi tulipalossa on epätodennäköistä.*

## Erilaisuusperiaate



*Sama toiminto toteutetaan eri toimintaperiaatteisiin perustuvilla järjestelmillä.*



### Radioaktiivisten aineiden vapautumisesteet:



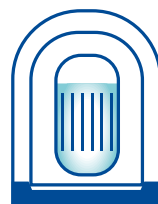
1. este

Keraaminen polttoaine  
kaasutiivissä polttoainesauvassa



2. este

Reaktoripaineastia  
ja primääripiiri



3. este

Kaksiseinäinen kaasutiivis  
reaktorin suojarakennus

#### Turvallisuuden perustana kolme vapautumisestettä

Reaktorin polttoaineessa syntyvän radioaktiivisuuden ja ympäristön välillä on useita tiiviitä fyysisiä esteitä, jotka estävät radioaktiivisten aineiden pääsyn ympäristöön.

Ensimmäisenä esteenä ovat metalliset polttoainesauvat, joiden sisällä ovat polttoainetabletit, joissa radioaktiiviset aineet muodostuvat. Toisena esteenä ympäristön ja radioaktiivisten aineiden välillä

ovat primääripiiri ja reaktoripaineastia, jonka sisällä polttoaine on. Kolmannen esteen muodostaa suojarakennus: sen sisempi seinä on varustettu teräsvuorauksella, joka varmistaa rakennuksen kaasutiivyyden.

Yksikin näistä kolmesta esteestä on riittävä varmistamaan, ettei radioaktiivisia aineita pääse ympäristöön.

### Poikkeustilanteiden hallinta

OL3 on suunniteltu siten, että käyttöhäiriöt ja onnettomuustilanteet tunnistetaan ja tilanteen kehittyminen vakavammaksi estetään. Tätä varten on moninkertaisia turvallisuusjärjestelmiä, joiden tehtävä on varmistaa, että kaikkien oletettujen onnettomuuksien jälkeen

- reaktori voidaan sammuttaa
- polttoaineessa syntyvä jälkilämpö voidaan siirtää pois reaktorista ja
- radioaktiivisten aineiden pääsyä ympäristöön voidaan rajoittaa tehokkaasti.

Turvallisuusjärjestelmien luotettavuutta on lisätty

- moninkertaistamalla turvallisuustoimintoja suorittavat järjestelmät
- tekemällä rinnakkaiset järjestelmät riippumattomiksi toisistaan
- varmistamalla rinnakkaisten järjestelmien sähkönsyöttö toisistaan riippumattomista lähteistä ja
- käyttämällä hyväksi passiivisia turvallisuusominaisuuksia.

OL3:ssa on neljä itsenäistä turvallisuusjärjestelmää, jotka on erotettu fyysisesti toisistaan, ja ne on sijoitettu omiin tiloihinsa ja rakennuksiinsa eri puolille reaktorin suojarakennusta.

### Sähköä tarvitaan myös turvalliseen sähköntuotantoon

Ydinvoimalaitoksella paitsi tuotetaan sähköä myös käytetään sähköä. OL3:lla on useita erilaisia, rinnakkaisia ja toisistaan riippumattomia sähköjärjestelmiä, joilla varmistetaan yksikön sisäinen sähkönjakelu.

Turvallisuuden kannalta tärkeillä järjestelmillä on useita varavoimanlähteitä, jotka poikkeustilanteessa varmistavat niiden tarvitseman sähkönsyötön. Näin varmistetaan, että poikkeustilanteissa voidaan turvallisesti sammuttaa reaktori ja poistaa jälkilämpö.

Yksikön sähkönsyöttö varmistetaan tarvittaessa 400 kV:n verkosta, laitoksen omasta generaattorista, 110 kV:n verkosta ja varavoimadieseleiltä. Olkiluotoon on myös rakennettu kaasuturpiinilaitos, joka pystyy syöttämään sähköä laitosyksikölle.



400 kV:n kantaverkko



Varavoimadiesel

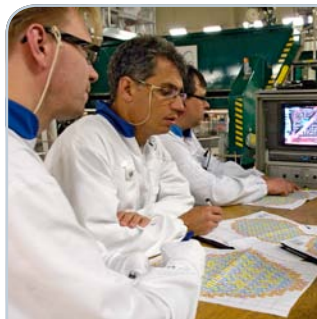
kuva: AREVA

### Ydinmateriaalivalvonta osa ydinturvallisuutta

TVO:n ydinvoimalaitoksen toimintaa valvotaan jatkuvasti ydinenergialain ja ydinenergia-asetusten mukaisesti. Viranomaiset valvovat laitossyksiköiden käyttöä tiukkojen ohjeiden mukaan.

Suomessa ydinenergian tuotantoon liittyvä toiminta on luvanvaraista. Luvan muun muassa ydinmateriaalin hallussapitoon ja käyttöön myöntää työ- ja elinkeinoministeriö (TEM). Ydinenergian käyttöä ja turvallisuutta valvova viranomainen on STUK, jolle TVO säännöllisesti raportoi toiminnastaan.

Ydinpolttoaineen rauhanomaista käyttöä valvovat myös Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA sekä Euroopan atomienergia-yhteisö Euratom. Sekä kansallisten että kansainvälisten ydinmateriaalin kirjanpito- ja valvontajärjestelmien ja turvajärjestelyjen avulla huolehditaan, että ydinenergian käyttäjät toimivat voimassa olevien määräysten mukaisesti ja että ydinmateriaalia käytetään siinä tarkoituksessa, johon lupa on myönnetty.



*Euratomin tarkastaja on mukana tarkastamassa, että sydämen lataus vastaa kirjanpitoa.*

### Hyvä turvallisuus- kulttuuri takaa hyvät tulokset

TVO:n ydinvoimalaitoksen henkilöstön päätavoitteena on varmistaa laitossyksiköiden turvallinen käyttö kaikissa olosuhteissa. Heidän tulee pitää turvallisuudesta kiinni tinkimättä. Henkilökunta pyrkiiikin eliminoidaan ennakolta häiriötilanteet, ja niihin on varauduttu myös moninkertaisin tekni-

sin järjestelmin.

Ydinvoimalaitoksen suunnittelussa on lähdetty siitä oletuksesta, että laitevikoja voi esiintyä ja käyttäjä voi tehdä inhimillisiä virheitä. Erilaiset häiriöiden mahdollisuudet on jo ydinvoimalaitoksen suunnittelussa analysoitu huolella, ja laitossyksiköt on varustettu moninkertaisilla turvallisuusjärjestelmillä, joiden perustekniikka perustuu hyväksi havaittuihin ja luotettaviin käyttökokemuksiin. Näin varmistetaan, etteivät käyttäjän mahdolliset virheet etene onnettomuudeksi ja aiheuta päästöjä ympäristöön.

### *TVO:n turvallisuus- ja laatukulttuuri*

*TVO on sitoutunut korkeaan turvallisuus- ja laatukulttuuriin. Se on koko toiminnan edellytys, ja pätee myös kaikissa OL3-projektin eri vaiheissa. Sekä laitoksen rakentaminen että itse laitossyksikkö täyttävät Suomen lainsäädännön, asetusten ja viranomaisten vaatimukset.*

*OL3 täyttää myös TVO:n tavoitteiden ja Kansainvälisen atomienergiajärjestön (IAEA) turvallisuus- ja laatusuosituksen mukaiset kriteerit, joiden lisäksi OL3-projektissa on sitouduttu riskien ennaltaehkäisyyn ja toiminnan jatkuvaan parantamiseen. TVO:lla henkilöstö tietää, että ydinvoimalaitoksella työskentely vaatii korkeaa ammattitaitoa ja tinkimättömyyttä.*



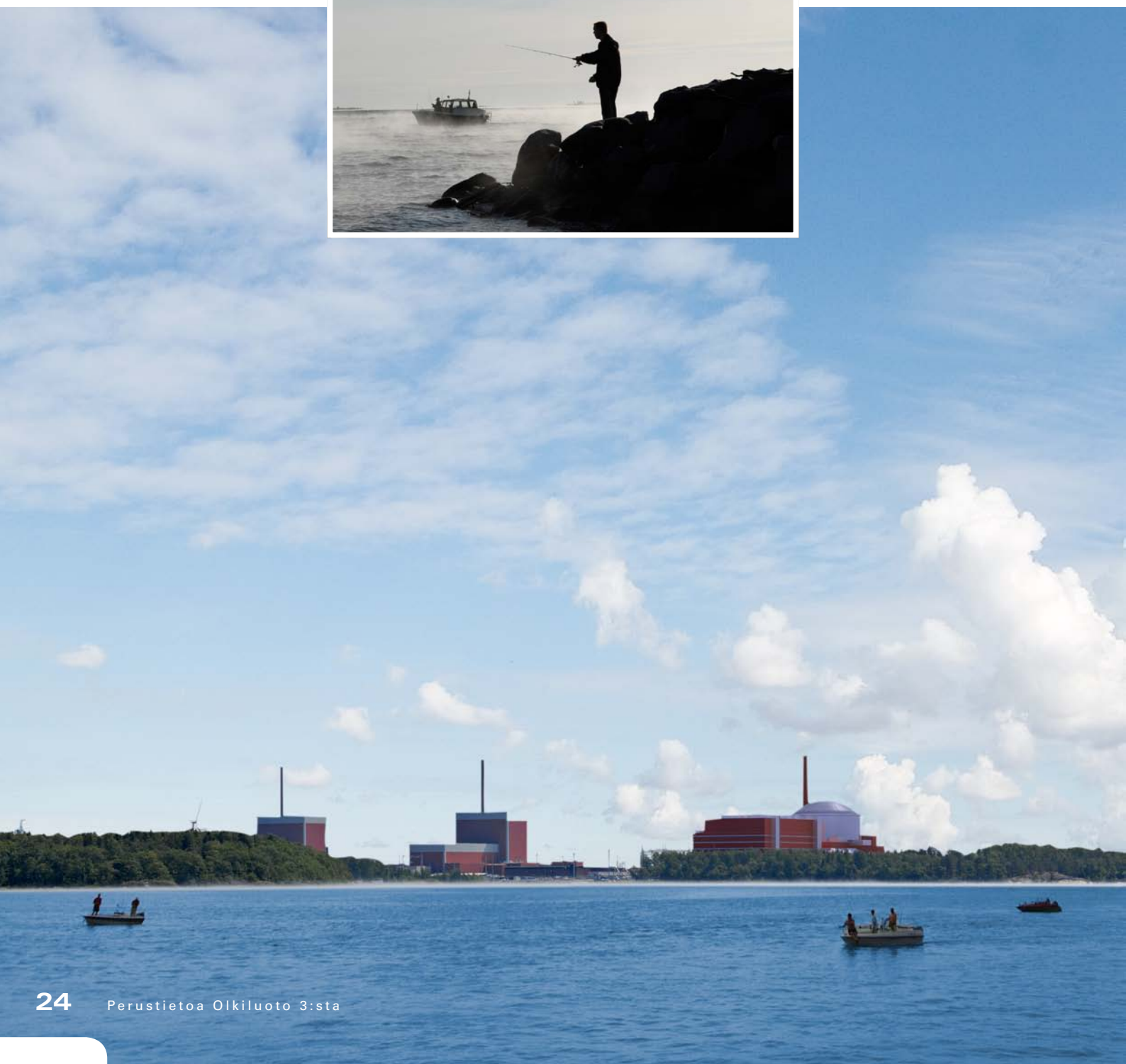
*OL3:ssa on sitouduttu korkeaan laatukulttuuriin.*



*Ydinvoima ei edistä kasvihuoneilmiötä eikä tuota hiilidioksidipäästöjä. Jos OL3:n vuotuinen sähkö tuotettaisiin esimerkiksi kivihiihellä, merkitsisi se 10–11 miljoonaa tonnia hiilidioksidipäästöjä eli vastaavan määrän, jonka Suomen liikenne tuottaa yhdessä vuodessa.*



*Ydinvoimalaitoksen toiminnan laajin ympäristövaikutus on lähi-alueen vesien lämpeneminen.*



# TVO kantaa yhteiskuntavastuunsa

Yhteiskuntavastuullisuus on osa TVO:n toimintakulttuuria. TVO kertoo toiminnastaan avoimesti eri sidosryhmilleen monin eri viestinnän keinoin. Yhteiskuntavastuuseen kuuluvat taloudelliset, sosiaaliset ja ympäristölliset velvoitteet pätevät myös OL3-projektissa.

Korkean turvallisuuskulttuurin ylläpito eettisten periaatteiden mukaan toteutettuna on TVO:n tärkein yhteiskuntavastuun asia. Tämän toiminnan vankkana pohjana on yli 30 vuotta jatkunut turvallinen, luontoa vahingoittamaton sähkön-tuotanto suomalaisen yhteiskunnan tarpeisiin.

## Häiriötöntä ja varmaa sähköntuotantoa

TVO ei tuota voittoa, vaan sähköä tuotetaan omistajille omakustannushintaan. Tällä omakustannushinnalla laitossyöksiköt pidetään uudenveroisina. TVO:n toiminta-ajatuksen mukaisesti henkilöstö varmistaa, että tulevat käyttäjäsot ovat turvallisia, ennustettavia ja häiriöttömiä.

## Henkilöstö tärkein voimavara

Henkilöstön osaamisen ylläpitäminen ja kehittäminen on TVO:lle tärkeää, sillä ydinvoimalaitoksen käytön edellytyksenä on tehtävänsä motivoitunut, ammattitaitoinen ja osaava henkilöstö. TVO:n tavoite on varmistaa työhyvinvointi ja työturvallisuus luomalla henkilöstölle edellytyksiä huolehtia työ-



*Ydinvoimalaitoksen toiminnan mahdollisia ympäristövaikutuksia tarkkaillaan ja tutkitaan Olkiluodon saarella ja sitä ympäröivillä alueilla jatkuvasti muuan muassa erilaisten näytteiden avulla.*

kyvystään ja työhyvinvoinnistaan. Työturvallisuudessa panostetaan monin tavoin ”nolla tapaturmaa” -tavoitteen saavuttamiseen. OL3-työmaalla on useita päätoimisesti työturvallisuutta seuraavaa valvojaa.

TVO kantaa vastuuta myös ympäröivästä yhteiskunnasta esimerkiksi informoimalla avoimesti omasta toiminnastaan. TVO:n toimintaan tutustuu vuosittain noin 20 000 vierailijaa.

## Ympäristön hyvinvointi

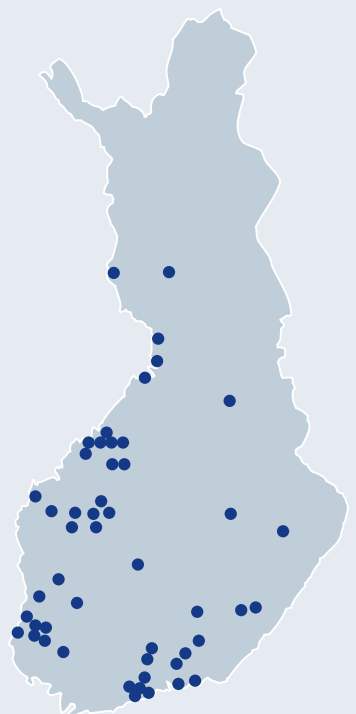
Ydinvoimalaitoksen toiminnasta ei saa olla haittaa ihmisille tai ympäristölle. Se on yksi toiminnan peruspilareista, ja edellyttää ympäristöpolitiikan, ympäristölupien ja ympäristöasioiden hallintajärjestelmien mukaista toimintaa. TVO:n tavoitteena on jatkuvasti parantaa ja kehittää näitä toimintoja sekä nostaa ympäristönsuojelun tasoa entisestään.

Merkittävin ympäristövaikutus on merialueelle johdettava lämmin jäähdytysvesi, jonka johdosta merialue pysyy sulana myös talvisin muutamia neliökilometrejä. Laitossyöksiköiden aiheuttama säteilyvaikutus ympäristöön on merkityksetön.

## OL3:sta sähköä ja hyvinvointia koko Suomelle

OL3:n sähköä odottaa suomalaisen teollisuuden lisäksi yli 60 sähköyhtiötä ympäri Suomea Helsingistä Lappiin asti. Kyseessä on koko valtakunnan projekti. Yksikön sähkötehol- la voitaisiin esimerkiksi

- pyörittää samanaikaisesti 1,6 miljoonaa pyykkikonetta, jos kukin niistä pyörii yhden kilowatin sähkötehol- la,
- kattaa kolmen Helsingin kokoisen suurkaupungin vuotuinen sähköntarve (teollisuus mukaan lukien) sekä
- lämmittää samanaikaisesti tehosta riippuen 160 000 – 266 000 sähkökiuasta.





# OL3 teknisiä tietoja ja mittoja

## YLEISTÄ

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| Reaktorin lämpöteho      | 4 300 MWth               |
| Sähköteho, brutto        | 1 720 MWe                |
| Sähköteho, netto         | 1 600 MWe                |
| Hyötysuhde               | n. 37 %                  |
| Vuotuinen sähköntuotanto | n. 13 TWh                |
| Rakennustilavuus         | 1 000 000 m <sup>3</sup> |
| Käyttöikä                | n. 60 v.                 |
| Merivesivirtaus          | 57 m <sup>3</sup> /s     |

## REAKTORILAITOS

|                                                  |             |
|--------------------------------------------------|-------------|
| Pääkiertovirtaus                                 | 23 135 kg/s |
| Reaktorin paine                                  | 155 bar     |
| Jäähdytteen keskilämpötila reaktoripaineastiassa | 312 °C      |
| Suojarakennuksen suunnittelupaine                | 5,3 bar     |
| Uraanin määrä reaktorissa                        | n. 128 tU   |
| Reaktorin suojarakennus                          |             |
| – korkeus                                        | n. 65 m     |
| – ulkohalkaisija                                 | n. 57 m     |
| – poistoilmapiipun korkeus maanpinnasta          | n. 100 m    |

## Polttoainenippu

|                                      |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| – määrä                              | 241 kpl         |
| – pituus                             | 4,8 m           |
| – paino                              | 735 kg          |
| Polttoaine uraanidioksidi            | UO <sub>2</sub> |
| Polttoaineen kulutus vuodessa        | n. 32 tU        |
| Vuotuinen polttoainekulutus nippuina | n. 60 nippua    |

## Reaktoripaineastia

|                      |         |
|----------------------|---------|
| Sisähalkaisija       | 4,9 m   |
| Sisäkorkeus          | 12,3 m  |
| Paino kannen kanssa  | 526 t   |
| Seinämän paksuus     | 250 mm  |
| Suunnittelupaine     | 176 bar |
| Suunnittelulämpötila | 351 °C  |

## TURPIINILAITOS

|                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------|------------|
| Turpiinigeneraattoriyksikkö                                            |            |
| – 1 korkeapaineturpiini (tuottaa 40 % laitoksen bruttosähkötehosta)    |            |
| – 3 matalapaineturpiinia (tuottavat 60 % laitoksen bruttosähkötehosta) |            |
| – generaattori                                                         |            |
| Nimellisteho                                                           | 1 720 MW   |
| Kierrosnopeus                                                          | 1 500 rpm  |
| Höyryn lämpötila                                                       | 290 °C     |
| Höyryn virtaus                                                         | 2 443 kg/s |
| Matalapaineturpiinin viimeinen siipivyöhyke                            |            |
| – siiven pituus                                                        | 1 830 mm   |
| – kokonaishalkaisija                                                   | n. 7 m     |
| Turpiinigeneraattorin akselin pituus                                   | 68 m       |

## Turpiinirakennus

|            |                           |
|------------|---------------------------|
| – pituus   | n. 100 m                  |
| – leveys   | n. 60 m                   |
| – korkeus  | n. 46 m                   |
| – tilavuus | n. 250 000 m <sup>3</sup> |

# Sanasto

## **EPR, European Pressurized water Reactor, Painevesireaktori**

Uusimpien ranskalaisten ja saksalaisten painevesireaktorien perusteella kehitetty painevesireaktori, jossa on neljä höyrystintä ja neljä rinnakaista toisistaan riippumatonta turvallisuusjärjestelmää.

## **Euratom, Euroopan atomienergiayhteisö**

EU:n komission ydinmateriaalin valvontaa hoitava yksikkö.

## **Fissio**

Raskaan atomiytimen hajoaminen kahdeksi tai useammaksi keskiras-  
kaaksi atomiytimeksi, jolloin samalla vapautuu myös neutroneja ja suuri  
määrä energiaa.

## **Fissiotuotteet**

Fissiossa syntyvät keskiraskaat atomiytimet, jotka ovat tavallisesti  
radioaktiivisia.

## **Gigawattitunti, GWh**

Sähköenergian yksikkö. Yksi gigawattitunti on miljoona kilowattituntia.

## **IAEA (International Atomic Energy Agency)**

Kansainvälinen atomienergiäjärjestö.

## **Konsortio**

Yritysten jotakin liiketointa varten muodostama tilapäinen yhteenliittymä.

## **KPA-varasto**

Käytetyn polttoaineen välivarasto.

## **Käyttökerroin**

Voimalaitoksen tuotantoa esimerkiksi vuoden ajalta kuvaava luku.  
Käyttökerroin on voimalaitoksen vuodessa tuottama energia prosent-  
teina siitä energiasta, minkä se olisi tuottanut toimiessaan koko vuoden  
keskeytyksettä täydellä teholla.

## **Megawatti, MW**

Tehon yksikkö. Yksi megawatti on 1 000 kilowattia eli 1 000 000 wattia.

## **PWR, Pressurized water Reactor, Painevesireaktori**

Kevytvesireaktoryyppi, jossa reaktorin paine on niin korkea, että  
jäähdytysaineena käytettävä vesi ei kiehu reaktorissa. Kuuma vesi  
johdetaan reaktorista höyrystimeen, jossa sekundääripiirissä alem-  
massa paineessa oleva vesi höyrystyy ja höyry johdetaan pyörittämään  
turpiinia.

## **STUK**

Säteilyturvakeskus on ydinvoimalaitosten toimintaa Suomessa valvova  
viranomainen.

## **Säteily**

Joko sähkömagneettista aaltoliikettä tai hiukkassäteilyä, joka koostuu  
aineen pienimmistä hiukkasista.

## **Taustasäteily**

Luonnon säteilylähteistä peräisin olevaa säteilyä. Lähteitä ovat maa-  
perän radioaktiiviset aineet, kuten radon, avaruudesta tuleva säteily ja  
oman kehon sisältämät radioaktiiviset aineet.

## **TEM**

Työ- ja elinkeinoministeriö.

## **Terawattitunti, TWh**

Energian yksikkö. Yksi terawattitunti on miljardi kilowattituntia.

## **Uraani**

Alkuaine (U), jota on maan kuorella keskimäärin 0,0004 % kaikis-  
ta aineista (neljä grammaa tonnissa). Kaikki uraanin isotoopit ovat  
radioaktiivisia. Suurin osa luonnonuraanista on isotooppia U-238, jonka  
puoliintumisaika on 4,5 miljardia vuotta. Ydinvoimalaitoksen polttoai-  
neeksi soveltuvaa uraani-235:ttä on luonnon uraanista 0,72 %.

## **VLJ-luola**

Voimalaitosjäteluola, jonne sijoitetaan laitoksen käytön aikana synty-  
neet matala- ja keskiaktiiviset voimalaitosjätteet.

## **WANO (World Association of Nuclear Operators)**

Kansainvälinen ydinvoimayhtiöiden järjestö, jonka puitteissa ydin-  
voimayhtiöt vaihtavat käyttökokemuksia ja parantavat laitostensa  
turvallisuuksia.

## **Ydinmateriaali**

Ydinaineet (ydinenergian aikaansaamiseen soveltuvia erityisiä hal-  
keamiskelpoisia aineita ja lähtöaineita kuten uraania, plutoniumia ja  
toriumia) sekä sellaiset muut aineet, laitteet, laitteistot, tietoa-  
ineistot ja sopimukset, joilla on merkitystä ydinaseiden leviämisen kannalta tai  
joihin kohdistuu Suomen tekemien ydinenergia-alan kansainvälisten  
sopimusten velvoitteita.

### **Kerrannaisyksiköt**

Luonnossa esiintyvien suureiden lukuarvot vaihtelevat hyvin  
pienistä lukuarvoista hyvinkin suuriin arvoihin. Tällöin kerrannais-  
yksiköiden käyttö on hyödyllistä. Tällöin mittajärjestelmän yksiköistä  
muodostetaan kerrannaisyksiköitä kertomalla yksikkö kymmenen  
potenssilla.

Kerrannaisyksiköt ilmoittavat suhteen perusyksikköön. Esimer-  
kiksi yksi kilometri on tuhat metriä, 1 km = 1 000 m. Taulukoissa on  
esitelty muutamia yleisimpiä kerrannaisyksiköiden etuliitteitä.

| Nimi | Tunnus | Kerroin          | Nimi  | Tunnus | Kerroin           |
|------|--------|------------------|-------|--------|-------------------|
| tera | T      | 10 <sup>12</sup> | desi  | d      | 10 <sup>-1</sup>  |
| giga | G      | 10 <sup>9</sup>  | senti | c      | 10 <sup>-2</sup>  |
| mega | M      | 10 <sup>6</sup>  | milli | m      | 10 <sup>-3</sup>  |
| kilo | k      | 10 <sup>3</sup>  | mikro | μ      | 10 <sup>-6</sup>  |
|      |        |                  | nano  | n      | 10 <sup>-9</sup>  |
|      |        |                  | piko  | p      | 10 <sup>-12</sup> |





Teollisuuden Voima Oyj  
Olkiluoto  
27160 EURAJOKI  
Puhelin (02) 83 811  
Faksi (02) 8381 2109  
[www.tvo.fi](http://www.tvo.fi)

Teollisuuden Voima Oyj  
Töölönkatu 4  
00100 HELSINKI  
Puhelin (09) 61 801  
Faksi (09) 6180 2570

Teollisuuden Voima Oyj  
4 rue de la Presse  
1000 BRUSSELS, BELGIUM  
Puhelin +32 2 227 1122  
Faksi +32 2 218 3141