



Pienet modulaariset reaktorit (SMR) – mitä ne ovat ja mitä uutta ne tuovat tullessaan?

Minna Tuomainen, STUK

Teollisuuden ja tutkimuksen 15. säteilyturvallisuuspäivät, 11.9.2025

Sisältö

1. Johdatus pienydinvoimaloihin
 - Mikä on pienydinvoimala
 - Miksi pienydinvoimaloita kehitetään ja niistä ollaan kiinnostuneita
 - Pienydinvoimaloiden turvallisuus
 - Pienydinvoimaloiden luvitus ja valvonta
2. Pienreaktorit maailmalla ja Suomessa
 - Tilanne maailmalla
 - Tilanne Suomessa
3. Mitä uutta pienydinvoimalat tuovat tullessaan
 - Mitä pienydinvoimaloiden tulo voi tarkoittaa
 - Muutamia erityiskysymyksiä



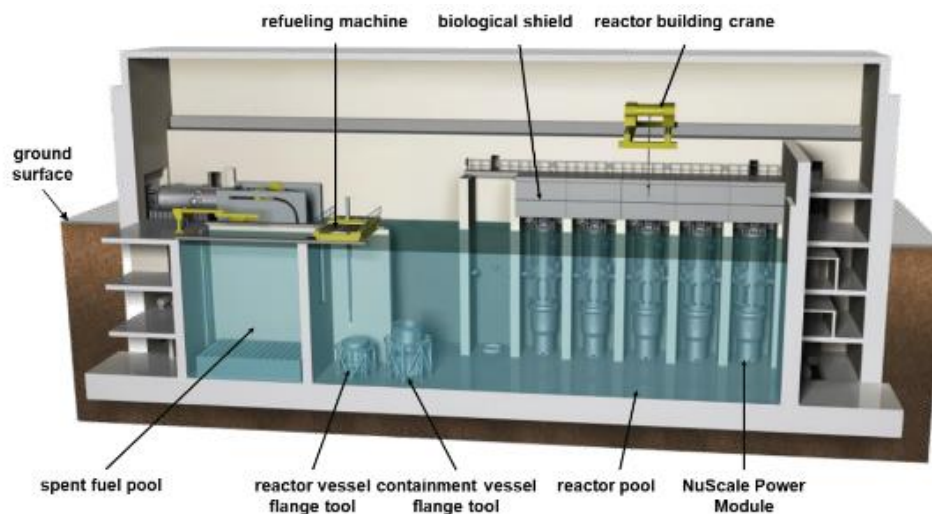
Johdatus pienydinvoimaloihin

Mikä on pienydinvoimala*

*Synonyymeja: Pienreaktori,
SMR (Small Modular Reactor)

Yleisesti käytetty määritelmä on, että pienreaktori* on reaktori, jolla on seuraavia ominaisuuksia:

- Sähköteho alle **300 MWe** ja/tai lämpöteho alle **1000 MWth**
 - Vertailun vuoksi: Loviisan yksi reaktori ~ 510 MWe/1500 MWth ja Olkiluoto ~ 1600 MWe/4300 MWth
- Suunniteltu kaupalliseen käyttöön, ei tutkimustarkoituksiin;
- Samaan infrastruktuuriin voi liittää useita reaktoreita (modulaarisuus);
- Voi hyödyntää mitä tahansa jäähdytysteknologiaa (vesi, kaasua, metalli, sulasuola..).



Modulaarinen laitos, jossa useita reaktoreita on samassa rakennuksessa ja samassa vesialtaassa.
Kuva: NuScale

Mikä on pienydinvoimala

Maailmalla on suunnitteilla yli 80 pienreaktorikonseptia:

- Sähköteho ~ 1 kW - 470 MW
- Suunniteltu monenlaisiin käyttötarkoituksiin kuten ”tavalliseen sähköntuotantoon”, sähköntuotantoon sähköverkon ulkopuolisille syrjäisille yhteisöille, tuottamaan höyryä/lämpöä/sähköä teollisuuslaitoksille, kaukolämmön tuotantoon, vedyn tuotantoon, suolanpoistoon merivedestä
- Sijoituspaikka maan päällä tai alla, laivassa/lautalla, meren pohjassa...



Kuva: MobileNuclear

Termi pienreaktori ei tarkoita yhtä tietynlaista reaktoria!
Pienreaktoreita on niin monenlaisia, että kaikkia pienreaktoreita koskevia yleistyksiä ei voi tehdä.

Miksi pienreaktoreita kehitetään ja miksi niistä ollaan kiinnostuneita?

Taloudellisuus

- Pienempi koko ja yksinkertaisuus alentavat kustannuksia.
- Sarjavalmistaisuus (jos siihen päästään) alentaa kustannuksia.
- Lyhyemmät rakentamisaikat, toteutus nopeampi.

Monipuoliset käyttökohteet

- Sähkön/lämmöntuotto syrjäisille yhteisöille ja sähköverkon ulkopuolelle
 - Prosessilämmön tuotto
 - Kaukolämpö
 - Suolanpoisto
 - Vedyn tuotto
- Monet em. syistä tekevät SMRistä houkuttelevia kehittyville maille.
 - Käyttö ei tuota hiilidioksidia → lisää houkuttelevuutta kehittyneissä maissa.

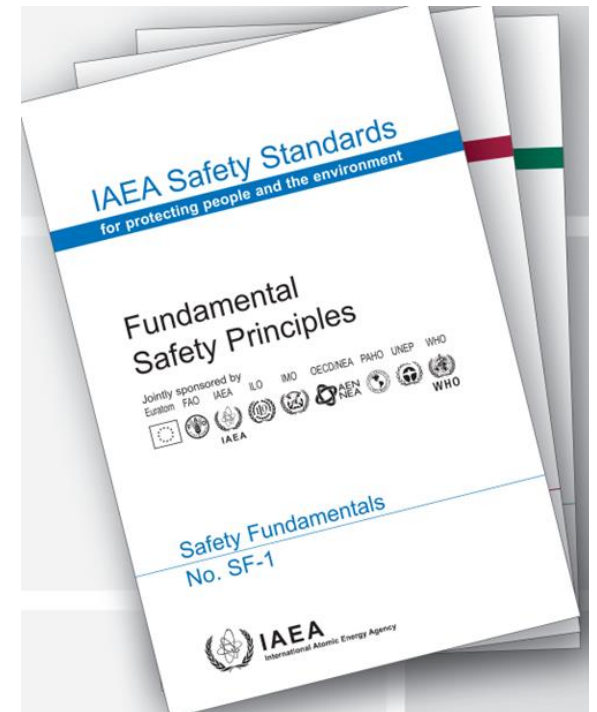


Pienreaktoreiden turvallisuus

Pienreaktoreissa on turvallisuuden kannalta edullisia piirteitä. Esimerkiksi:

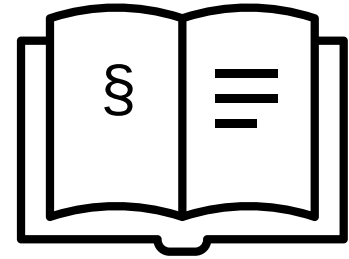
- Pieni teho $\Rightarrow$ pieni jälkilämpö $\Rightarrow$ lämmön poistaminen passiivisesti helpompaa $\Rightarrow$ pienempi riippuvuus laitteiden tai ihmisen toiminnasta.
 - Myös varoajat ennen tarvittavia toimenpiteitä ovat usein pitkiä.
- Pieni teho $\Rightarrow$ pieni radioaktiivisten aineiden määrä $\Rightarrow$ pahimmassakin onnettomuudessa päästöt jäävät pienemmiksi.
- Uusissa laitoksissa voidaan hyödyntää uusinta tietoa ja kertynyttä kokemusta.

Turvallisuus on kuitenkin monen tekijän summa ja aina arvioitava tapauskohtaisesti.



Pienydinvoimaloiden luvitus ja valvonta

- Myös pienreaktori on ydinreaktori ja se on saman luvituksen ja viranomaisvalvonnan alainen kuin isommatkin reaktorit.
- Ydinenergian käyttöä koskeva lainsäädäntö on uudistumassa. Uudistuksessa otetaan huomioon pienreaktoreiden mukanaan tuomat uudet piirteet. Mutta ylläoleva pätee sekä nykyisen että uuden lain puitteissa.
- Valvonnassa huomioidaan laitoksen riskimerkitys.



Kuva: STUK



Pienreaktorit maailmalla ja Suomessa

Tilanne maailmalla

- Ainoat käytössä olevat pienreaktorit ovat kelluva reaktori Venäjällä ja kaasujäähdytteinen korkealämpötilareaktori Kiinassa.
- Sen lisäksi muutamia demonstraatio/prototyyppilaitoksia on rakenteilla (esim. Kiina, Argentiina), mutta suurin osa pienreaktoreista on vielä paperilla. Kanadassa myönnettiin alkuvuodesta rakentamislupa Kanadan ensimmäiselle pienreaktorille.
- Kiinnostusta on paljon, ympäri maailmaa!

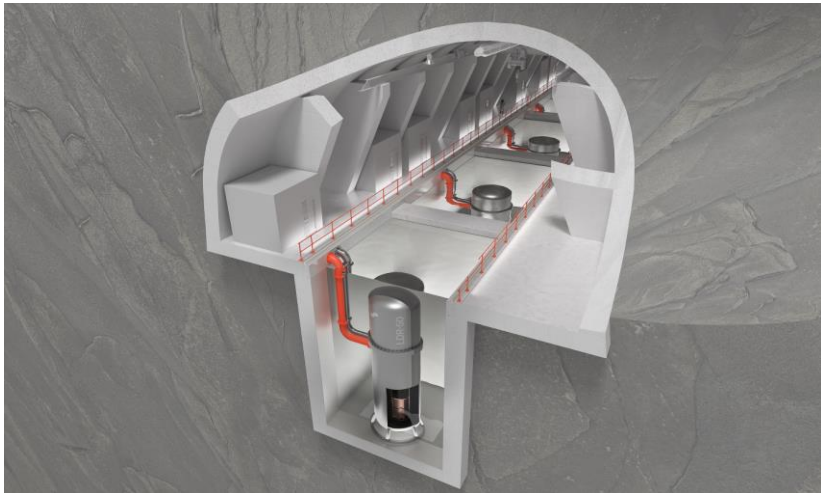


Kelluva voimala ankkuroituna satamaan. Venäjällä, Itä-Siperian Pevekin satama- ja kaivoskaupungissa.

Lähde: <https://www.rbth.com/lifestyle/334388-russia-pevek-nuclear-powered-showers> (Alexander Ryumin/TASS)

Tilanne Suomessa

- Yhtään lupahakemusta ei ole vielä jätetty.
- Kiinnostusta on paljon. Myös aivan uusilla toimijoilla (esim. muun alan teollisuus, kunnalliset energiayhtiöt).
- Suomalainen Steady Energy Oy kehittää pientä kaukolämpöreaktoria. Useat kaupungit ovat ilmaisseet kiinnostuksensa, esim. Kuopio, Helsinki ja Kerava.

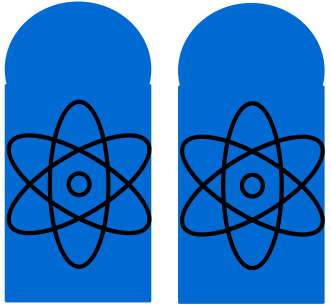


Havainnekuva Steady Energyn laitoksesta.
Kuva: Steady Energy Oy

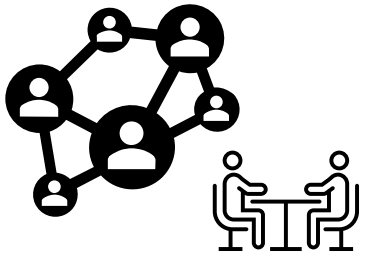


Mitä uutta pienydinvoimalat tuovat tullessaan

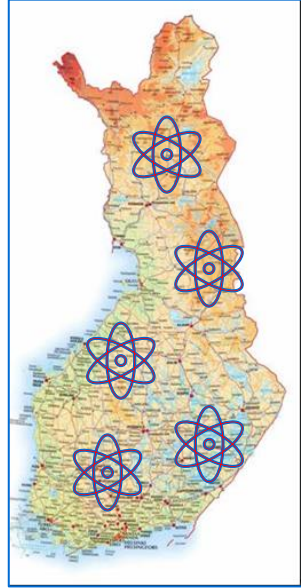
Mitä pienreaktoreiden tulo voi tarkoittaa



Lisää laitoksia
Uudenlaisia laitoksia



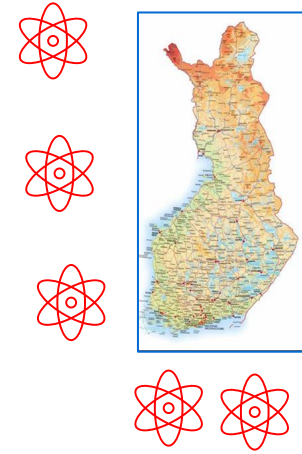
Uusia toimijoita
Uudenlaisia organisoitumistapoja



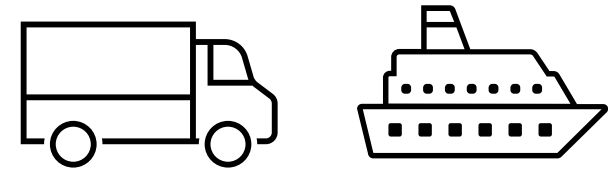
Lisää laitospaikkoja



Uudenlaisia laitospaikkoja



Lisää laitoksia Suomen
lähialueille



Enemmän ydinpolttoaineen kuljetuksia

Muutamia erityiskysymyksiä

- Mikä olisi mielekäs tapa järjestää ydinjätehuolto ja käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus? Jos tulee paljon uusia pieniä luvanhaltijoita, ei ole mielekästä että jokainen kehittää oman loppusijoitusratkaisunsa.
 - Miten lähelle asutusta tai muuta toimintaa reaktorin voi sijoittaa?
 - Minkälaiset organisoitumistavat ovat mahdollisia? Esim. kaupungin energiayhtiöllä ei välttämättä ole halua kehittyä itse luvanhaltijaksi.
 - Voiko laitos olla miehittämätön ja voiko sitä valvoa ja ohjata etänä?
- Näitä kysymyksiä käsitellään ydinenergialain uudistuksessa. Tavoitteena on mahdollistaa sellaiset ratkaisut, jotka voidaan osoittaa turvallisiksi.



Kuva: TVO



Kuva: STUK



Kysymyksiä?

Minna Tuomainen, STUK
Minna.Tuomainen@stuk.fi

