



LAND OF THE CURIOUS





YDINVOIMAN UUDET KÄYTTÖKOHTEET

Suomen Tiedeseuran symposium 30.3.2026

Prof. Juhani Hyvärinen

LUT University, Nuclear Engineering

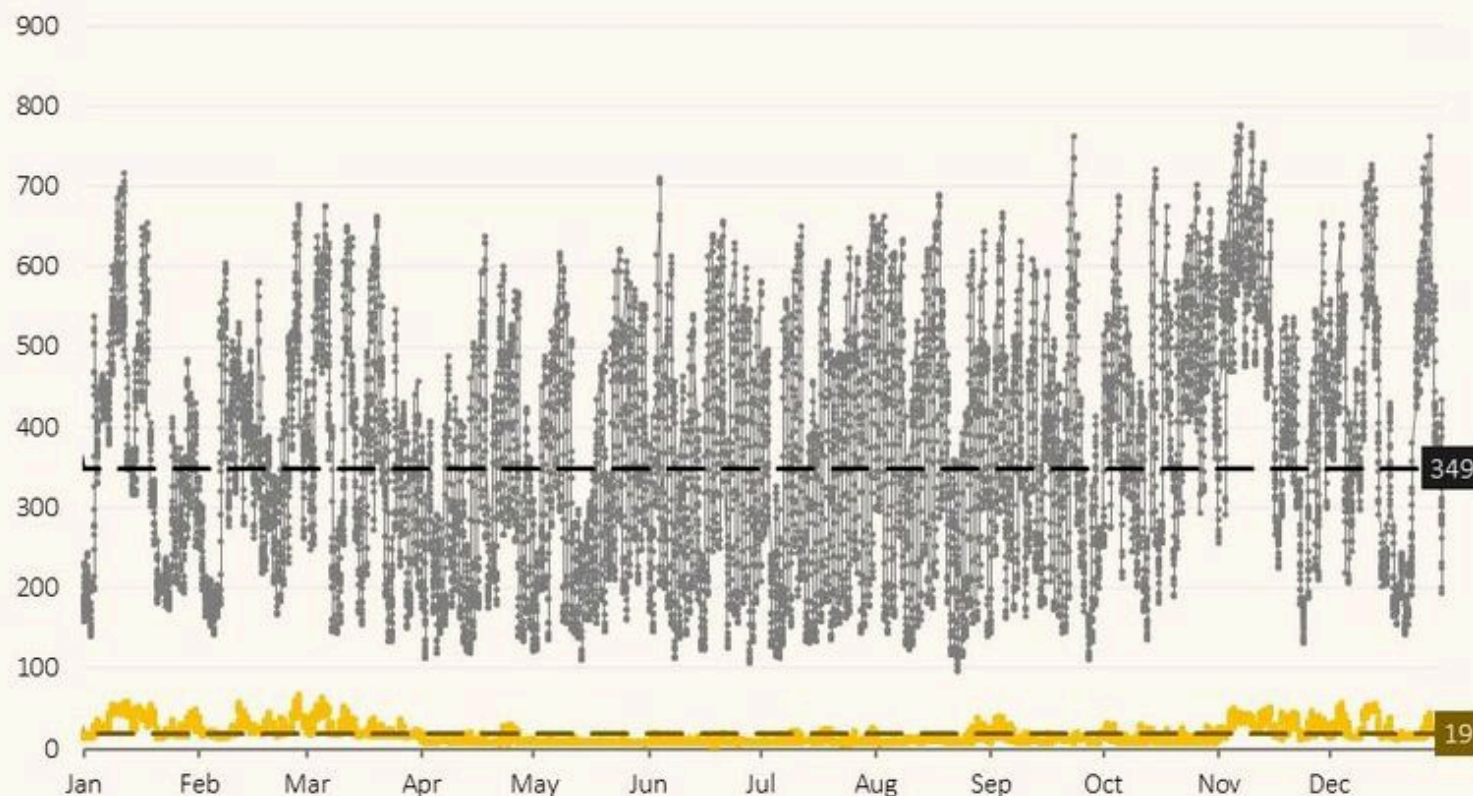
YDINSÄHKÖ POISTAA KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT

How dirty was French and German electricity in 2024?

Specific carbon intensity of electricity in grams of CO₂ emitted per kWh generated

Hourly emissions: —●— France, —●— Germany. 2024 weighted average emissions rate: — France, — Germany

RADIANT
ENERGY GROUP



Notes: Specific carbon intensity of electricity in gCO₂/kWh values of 1150g, 900g, 700g, 400g, 400g, and 250g are used for lignite coal, hard coal, oil, natural gas, waste, and biomass respectively, with 0g used for nuclear, hydro, wind, and solar sources

Sources: ENTSO-E. For more information, please email: info@radiantenergygroup.com

← Saksa, ydinvoimaa 0 %

← Ranska, ydinvoimaa > 70 %

YDINVOIMALOITA ON MONEEN LÄHTÖÖN

“Pienydinvoimalat”

Isot reaktorit

Lämpöteho > 1000 MW

EPR: 1600 MWe
4500 MWth

Small Modular Reactors

Lämpöteho > 100 MW

BWRX-300: 300 MWe
870 MWth

Laivareaktorit

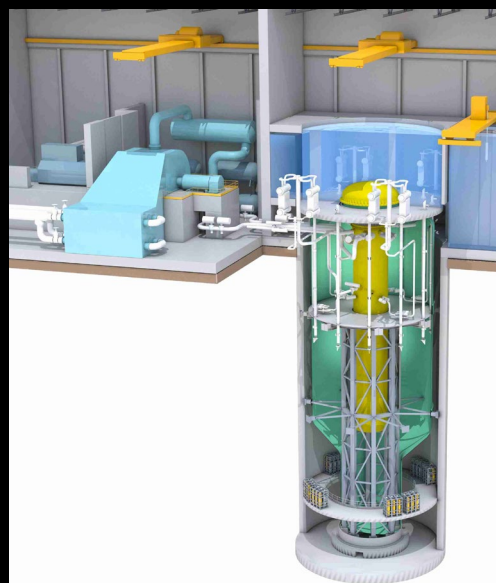
Lämpöteho < 200 MW

KLT-40S: 52 MWe
150 MWth

Kaukolämpöreaktorit

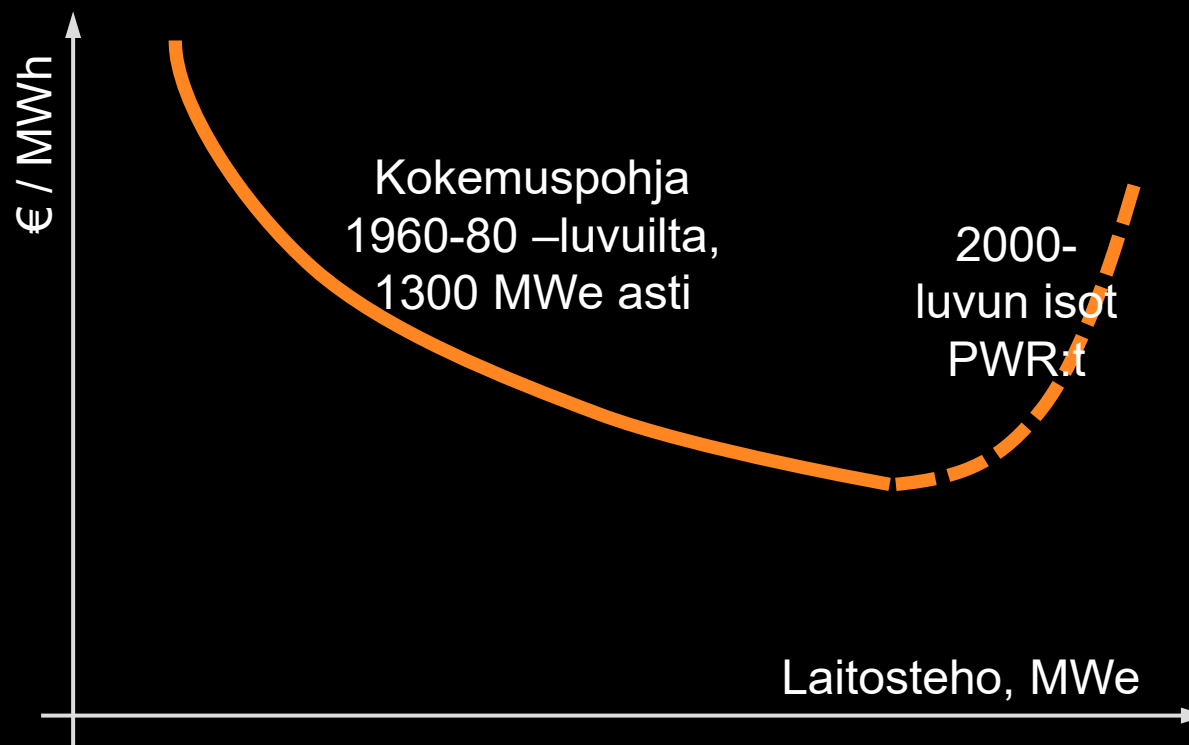
Lämpöteho < 50 MW

Calogena 30 MWth



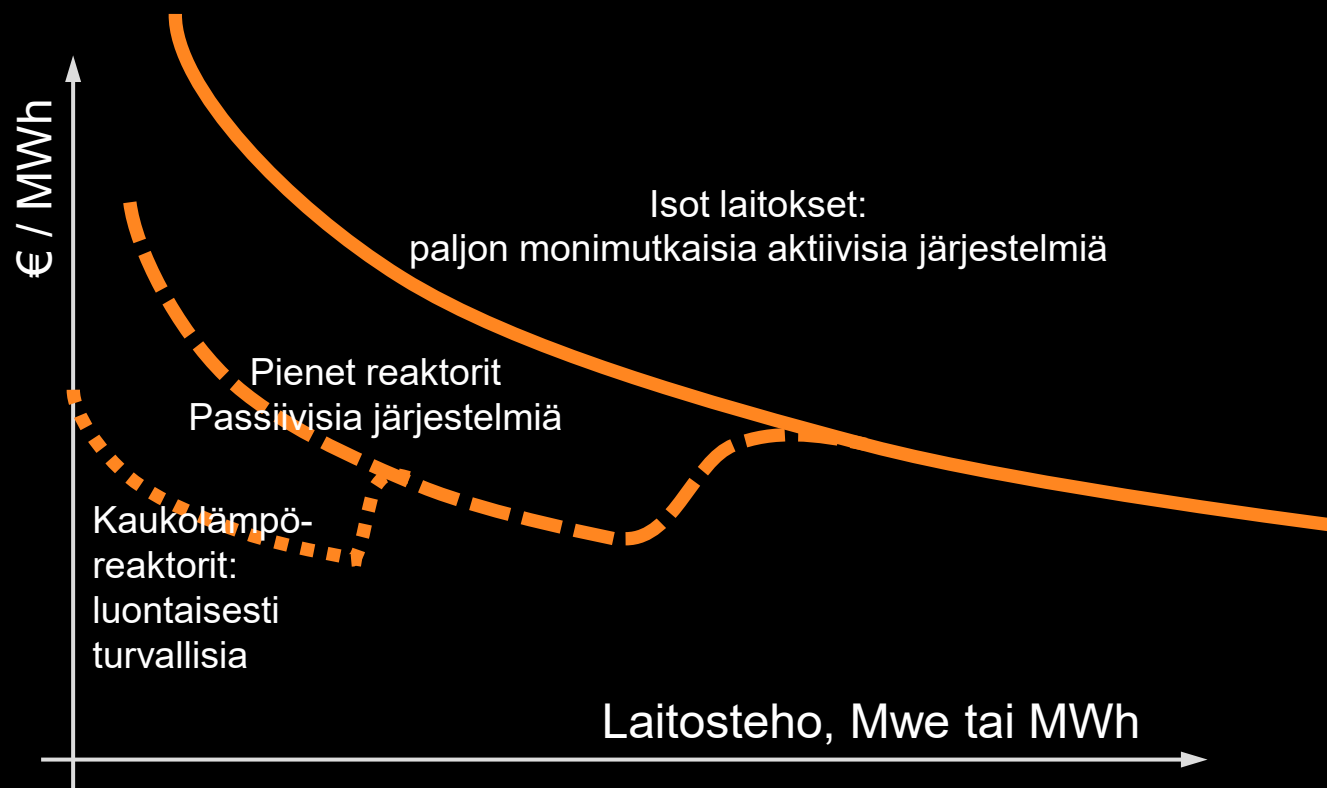
SUURUUDEN EKONOMIA ENNEN

- » “Viimeisin MWh on halvin” ajoi laitoskokoja 450 → 1600 MWe
- » Isot PWR-laitokset ovat uniikkikappaleita
- » Turvallisuuden takia tarvitaan monimutkaisia järjestelmiä
- » Laitteilla ja rakenteilla paljon epätavallisia vaatimuksia



MITTAKAAVAETU SUURESTA LUKUMÄÄRÄSTÄ

- » “Pienet” reaktorit pyrkivät yksinkertaistuksiin
 - » Vähemmän järjestelmiä, rakenteita, komponentteja
 - » Vähän erikoisvalmisteita
 - » Sarjavalmistus
 - » Nopea rakentaminen
- » Edellyttää huomattavaa uudelleenajattelua hankesuunnittelussa, luvituksessa, toteutuksessa

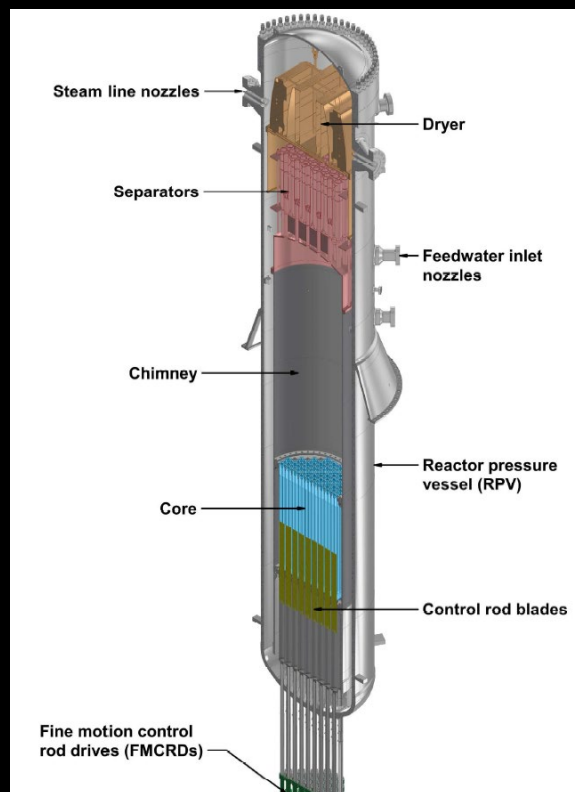


KEVYTVESI-SMR:ÄÄ

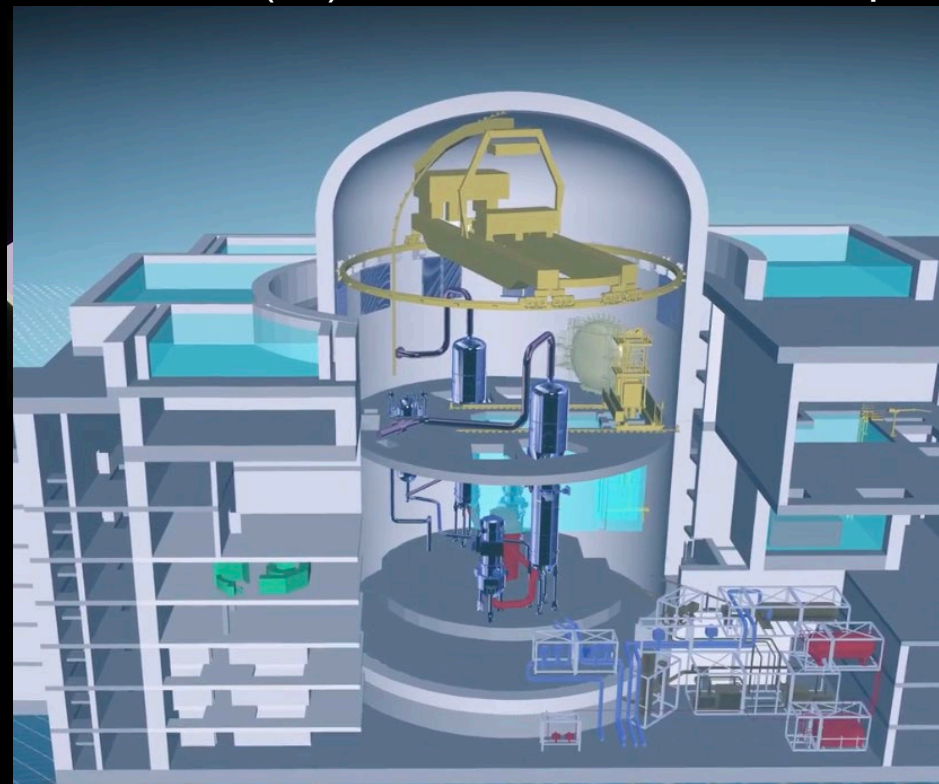
GE Hitachi BWRX-300
870 MWth / 300 MWe

Ontario Power Generation rakentaa Darlingtonin laitospaikalle 1+3 yksikköä, investointi n. 20 GCAD (3.8 GUSD / unit)

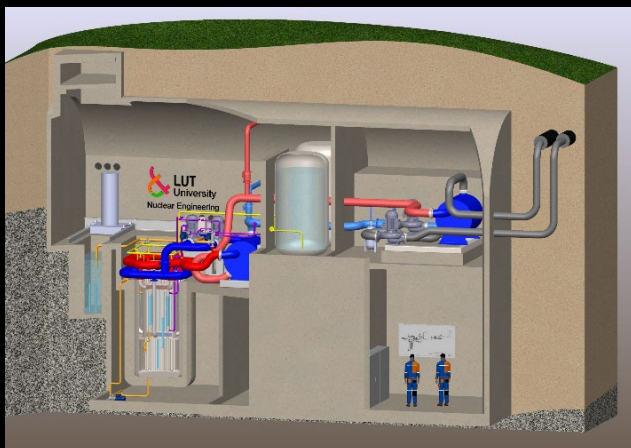
Yksinkertaistettu BWR
Passiivisesti (luontaisesti) turvallinen



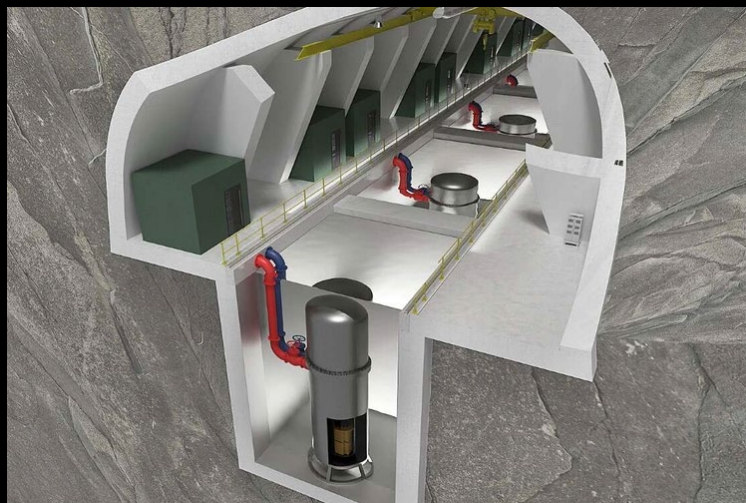
NuWard™ (v1): 500 MWth / 170 MWe per moduli
NuWard™ (v1): 1150 MWth / 400 MWe per moduli



KOTIMAISIA HANKKEITA: KAUKOLÄMPÖ JA TEOLLISUUSLÄMPÖ



LUTHER, 24 MWth yksikkö



LDR50, 4 x 50 MWth

Plug-and-play yhteensopivia nykyisten kaukolämpöverkkojen kanssa. Matala käyttöpaine ja lämpötila (max 120 °C), luontainen turvallisuus.

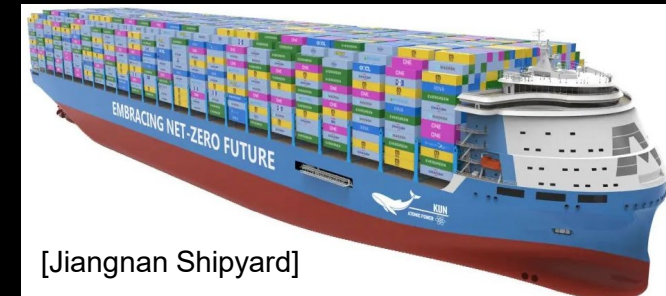
Kiinnostus ydinkaukolämpöön kovaa: Helsinki, Kuopio, Kerava



Lappeenranta
MMR, 15..30 MWth
heliumjähdytetty
tutkimusreaktori,
tuottaa 565 °C
lämpöä. Puskuroiva
lämpövarasto 24 h
asti.

LAIVAREAKTORIT

- » 80 - 90 % kansainvälisestä tavaraliikenteestä kulkee meritse
- » Merenkulku tuottaa 3 % maailman kasvihuonekaasupäästöistä
 - » CO₂, lisäksi SO_x ja NO_x
- » Päästöjen vähentämisreitit ja niiden ongelmat:
 - » Liquefied Natural Gas (LNG) – metaani on paha kasvihuonekaasu, ohivuoto ("slip") pilaa hyödyt
 - » Hiilipohjaiset synteettiset E-polttoaineet – kalliita
 - » Hiilettömät synteettiset E-polttoaineet (ammoniakki) – kalliita, huono lämpöarvo
 - » Akut – matala energiatiheys, riittää vain lyhyille matkoille
 - » Tuuli – liian hidaskäyttö ja huonosti ennustettava
- » On vain yksi todella suorituskykyinen päästötön vaihtoehto
 - » Ydinvoima – laivastot osoittaneet toimivuuden, mutta yhteiskunnallista infraa puuttuu vielä
 - » Wärtsilän telakka Helsingissä rakensi Neuvostoliitolle ydinjäätinsätkijät Taimyr ja Vaygatch 1980-lun alussa



[Jiangnan Shipyard]



» Mittakaavaetua sarjatuotannosta

- » Rakenne on yksinkertaisempi kuin isojen → megawattitunnin hinta pysyy järkevänä (jos pysyy)
- » Vähemmän ja yksinkertaisempia osia ja rakenteita → nopea rakentaa, kunhan toimitusketju oppii ja muutkin osapuolet tottuvat ajatukseen
- » Monireaktorilaitoksessa kassavirtaa jo rakentamisaikana
- » Sähköteholtaan 50-500 MW yksiköt istuvat valtakunnanverkkoon **paremmin** kuin 1300+ MW yksiköt
 - » Yksiköitä kuitenkin tarvitaan vastaavasti enemmän
- » Rautaa ja betonia / MW tarvitaan jonkin verran enemmän kuin isossa laitoksessa, joten (vähä- ja keskiaktiivista) purkujätettä tulee aikanaan enemmän
- » Kevytvesi-SMRien jätteille on jo loppusijoitusmenettelyt
 - » Käytetty polttoaine vastaa koostumukseltaan isojen laitosten käytettyä polttoainetta, määrä skaalautuu suunnilleen suoraan tuotetun energian mukaisesti
- » Muissa teknologioissa (mm. kaasu- tai metallijäähdytetyt tai sulasuolareaktorit) sekä turvallisuusominaisuudet että jätehuollon piirteet poikkeavat kevytvesireaktoreista olennaisesti

YHTEENVETO

- » Ydinvoima on todistetusti tehokkain tapa vähentää kasvihuonekaasupäästöjä
 - » Tuotanto on vakaata, sääriippumatonta, säädettävissä, pienimmät systeemikustannukset
 - » Vapauttaa sähkön käyttäjät toimimaan omien tarpeidensa mukaisesti
- » Pienydinvoimaan liittyy suuria lupauksia, joiden lunastaminen on vasta alkanut
- » Perinteisen sähköntuotannon rinnalle on tulossa ydinkaukolämpöä, ydinteollisuuslämpöä, ja ydinkäyttöä laivoihin
 - » Pienreaktorien sijoittelu on joustavampaa kuin isojen
 - » Lämmön ja sähkön yhteistuotanto ydinvoimalla kiinnostaa joitakin isoja toimijoita
 - » Tuttuihin teknologioihin liittyvät turvallisuus- ja jätehuollon kysymykset osataan jo ratkaista


KIITOS!

juhani.hyvarinen@lut.fi

