

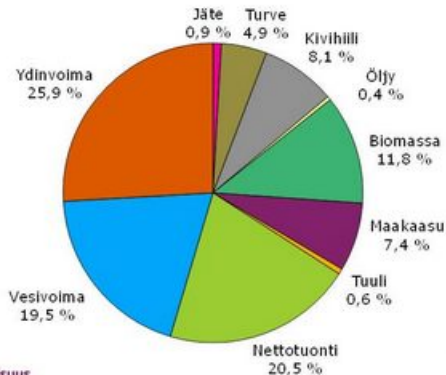
FY 2: Energiantuotanto

Tapio Hansson

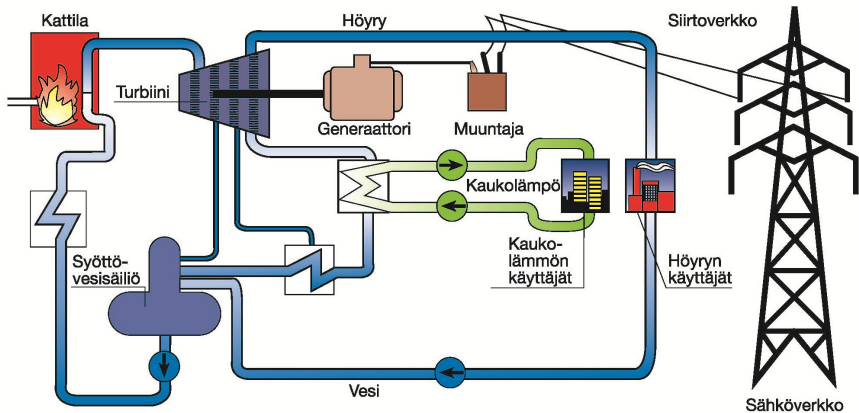
Voimalaitokset

- ▶ Suurin osa energiantuotannosta perustuu hyvin yksinkertaiseen periaatteeseen: Pyöritä generaattoria, joka muuttaa liike-energiaa sähköksi.
- ▶ Pyörittäminen toteutetaan usein keittämällä vettä, josta muodostuva höyry ohjataan pyörittämään turbiinia (perinteiset lämpövoimalat ja ydinvoimalat).
- ▶ Toinen vaihtoehto on hyödyntää luonnossa tapahtuvaa virtausta (vesivoima ja tuulivoima).

Sähkön hankinta energialähteittäin 2012 (85,2 TWh)



Moderni sähkö-kaukolämpövoimala

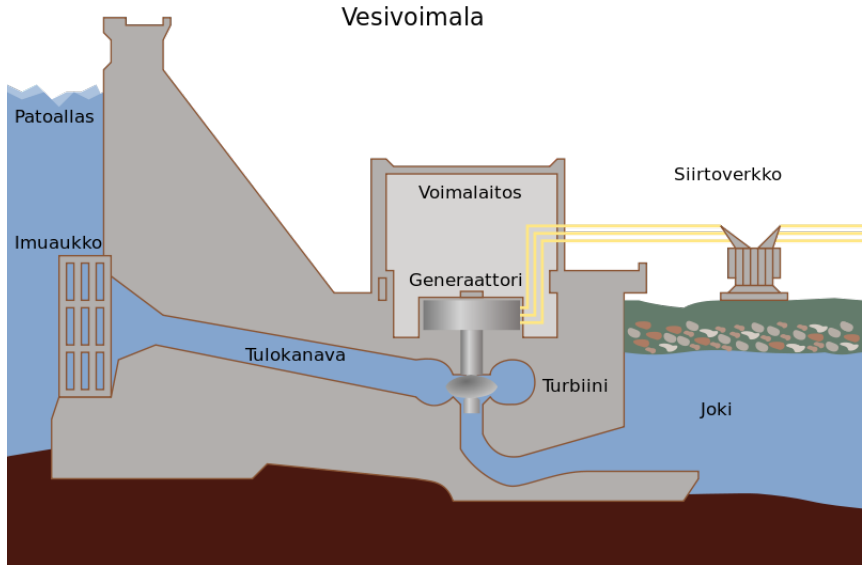


kuva: energiateollisuus

Polttoaineet

- ▶ Tyypillinen lämpövoimalaitos perustuu veden lämmittämiseen jollain polttoaineella.
- ▶ Fossiilisia polttoaineita ovat
 - ▶ Kivihiili
 - ▶ Maaöljy (benssiini, diesel, polttoöljy)
 - ▶ Maakaasu
 - ▶ Turve
- ▶ Biopolttoaineita ovat mm.
 - ▶ Puu
 - ▶ Sahajäte
 - ▶ Biodiesel (kasviöljy esim. rypsi ja soijapavusta)
 - ▶ Bioetanoli (maissi- ja sokeriruoko)

Vesivoimala



kuva: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydroelectric_dam-fi.svg

Tuulipuisto



kuva: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Windräder_bei_Poppenwurth.JPG

Ydinvoimalaitokset

- ▶ Ydinvoimalaitoksissa pyritään tuottamaan lämpöä ydinreaktion avulla.
- ▶ Nykyisin käytössä on ainoastaan fissioon perustuvia voimalaitoksia.
- ▶ Fuusiovoimaloita kehitetään kaiken aikaa ja prototyypppejä on jo käytössä.
- ▶ Fissioydinvoima kuormittaa ilmastoa hyvin vähän, sillä itse energian tuotanto on puhdasta. Haasteet ovat uraanin louhinnassa ja radioaktiivisen jätteen käsittelyssä.
- ▶ Fuusiovoimalaitos on vielä puhtaampi, sillä polttoainetta ei tarvitse louhia, eikä lopputuotteena synny mitään radioaktiivista.

Fissiovoimala

- ▶ Tyypillisen voimalan toimintakaavio:
<http://www.fennovoima.fi/userData/fennovoima/ydinvoima/laitosten-toimintakaaviot.jpg>.
- ▶ Ydinreaktiolla lämmitetään vettä, joka voimalatyypistä riippuen joko ohjataan turbiinille, tai lämmittämään sekundaarista vesikiertoa, joka pyörittää turvbiinia.
- ▶ Turbiinin jälkeen höyry ohjataan lauhduttimeen, joka jäähdytetään esimerkiksi merivedellä. Lauhdevesi ei ole missään kosketuksessa radioaktiivista ainesta sisältävän kierron kanssa.

Voimalaitoksia

- ▶ Suomessa on tällä hetkellä neljä energiantuotantokäytössä olevaa reaktoria, joista kaksi on Loviisassa ja kaksi on Olkiluodossa. Olkiluotoon on rakennettu kolmatta jo uskomattoman kauan (aloitettu 2005) ja Pyhäjoelle ollaan alkamassa rakentamaan uutta voimalaa.
- ▶ Olkiluodon kaksi reaktoria ovat *kiehutusvesireaktoreita* ja kolmas, sekä molemmat Loviisan reaktorit ovat *painevesireaktoreita*.
- ▶ Suomen sähkönkulutuksesta n. 27% katetaan ydinvoimalla (2013).
- ▶ Maailman sähkönkulutuksesta hieman yli 10% tuotetaan ydinvoimalla. Selvästi suurin osa, n. 40 % tuotetaan hiilen ja turpeen poltolla (IEA 2012).

Olkiluoto



kuva: Teollisuuden voima Oy:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EPR_OLK3_TV0_fotomont_2_Vogelperspektive.jpg



kuva: RIA Novosti: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RIAN_archive_132603_Nuclear_power_reactor_fuel_assembly.jpg

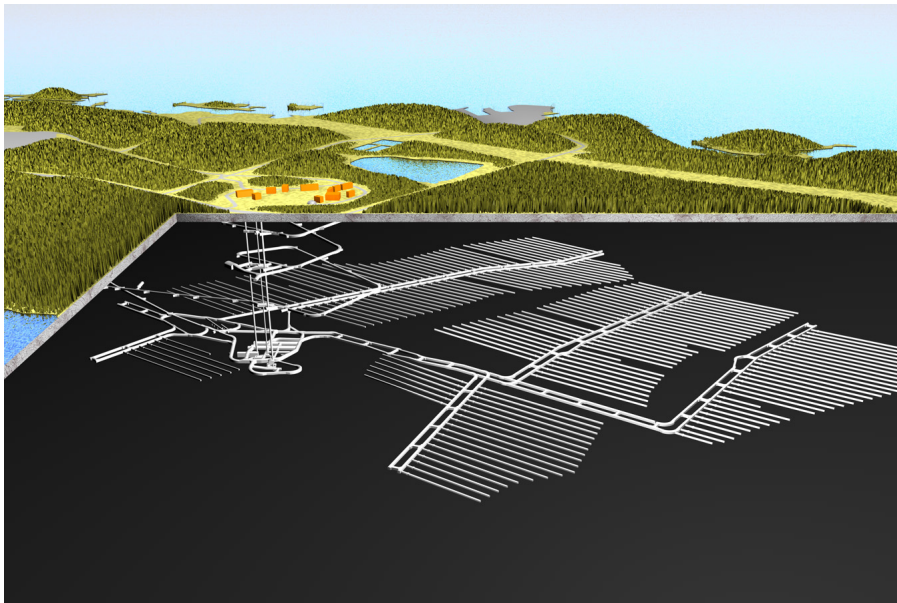
Jätteen käsittely

- ▶ Polttoainesauva on yleensä käytössä useita vuosia, kunnes sen U-235-pitoisuus laskee selvästi alle prosenttiin.
- ▶ Tuore ydinjäte on hyvin aktiivista ja kuumenee, joten aluksi se siirretään reaktorin lähellä olevaan vesialtaaseen. Ensimmäisen vuoden aikana aktiivisuus laskee alle sadasosaan alkuperäisestä.
- ▶ Kaikenkaikkiaan sauvoja jäähdytetään vedessä n. 40-60 vuotta.
- ▶ Jälleenkäsittelyllä n. 95% polttoaineesta voitaisiin saada uusiokäyttöön, mutta käsittely on kallista, joten sitä ei tehdä Suomessa.
- ▶ Vastaavasti Suomi on edelläkävijä ydinjätteen loppusijoituksessa.

Loppusijoitus

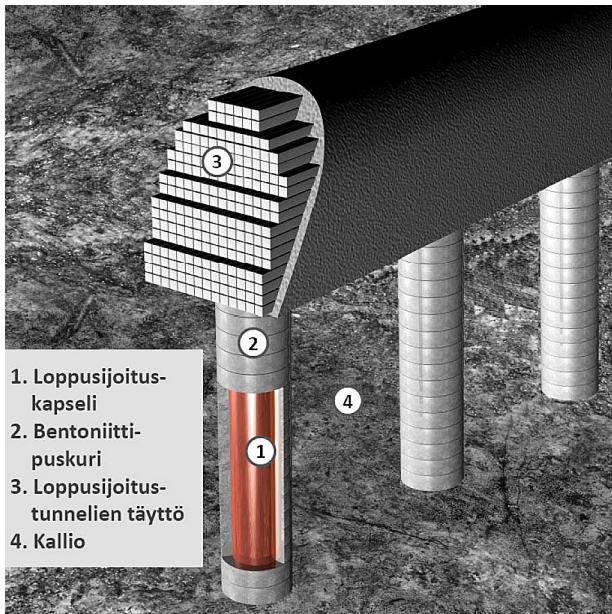
- ▶ Jätettä ei voi kierrättää uusiokäyttöön ikuisesti, joten joka tapauksessa se on joskus sijoitettava johonkin.
- ▶ Geologinen loppusijoitus on ratkaisu, jossa jätteet sijoitetaan syvälle maanpinnan alle.
- ▶ Suomessa on tällä hetkellä pisimmälle edennyt ratkaisu: ONKALO.
- ▶ Koloa on kaivettu jo vuosia ja 2015 Posiva sai loppusijoituslaitoksen rakentamisluvan. Käyttölupa haetaan 2020 ja sijoittaminen aloitetaan 2020-luvulla.
- ▶ Pitkät jäähdytysajat tekevät loppusijoituksesta pitkän prosessin, joka on tarkoitus lopettaa 2100-luvun alkupuoliskolla.
- ▶ Jätteen aktiivisuuden aikaskaala: http://www.posiva.fi/files/3999/sateilyn_vaheneminen_2015_3.jpg

ONKALO



kuva: Posiva Oy

Moniesteperiaate



kuva: Posiva Oy

Loppusijoituskapseli

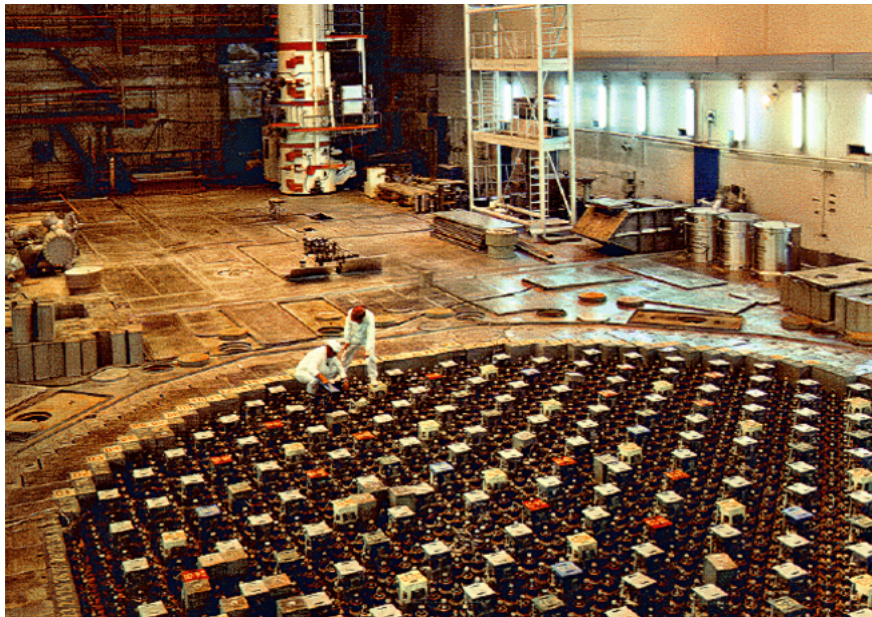


kuva: Posiva Oy

Tšernobylin onnettomuus 1986

- ▶ Historian pahin ydinvoimalaonnettomuus.
- ▶ Räjähäntynyt reaktori oli rbmk-tyyppinen grafiittihidasteinen reaktori, joka on halpa ja "helppo" rakentaa.
- ▶ Reaktoria on valmistettu vain neuvostoliitossa, eikä sielläkään enää onnettomuuden jälkeen.
- ▶ Grafiitti on huono hidasteaine, sillä se syttyy helposti tuleen, eikä säätösauvojen lasku alkuun hillitse ketjureaktiota.
- ▶ Kyseinen reaktorityyppi oli suunniteltu osittain myös ydinasekehitykseen, ja sen toiminta oli tunnetusti epävakaa.

RBMK-reaktori



kuva: public domain

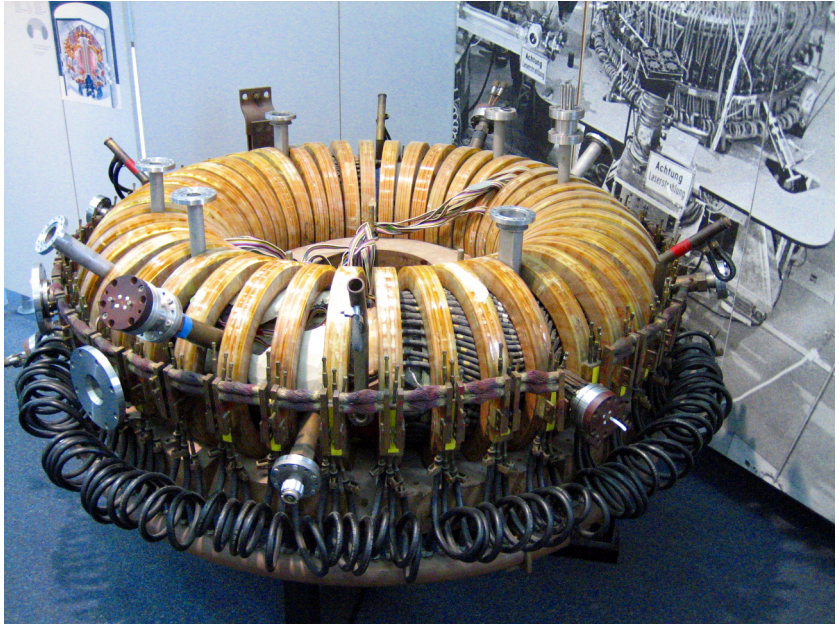
Tšernobylin onnettomuus 1986

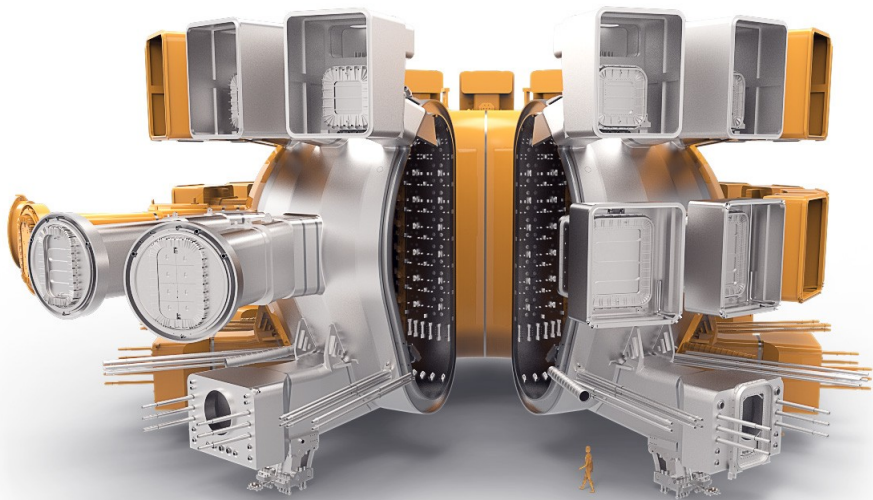
- ▶ Reaktorin turvajärjestelmät oli kytketty kokeen vuoksi pois päältä.
- ▶ Grafiitti syttyi tuleen, ja levitti useita päiviä radioaktiivista ainesta savun mukana ympäristöön, koska reaktorista puuttui ilmatiivis kansi.
- ▶ Neuvostoliitto ei tiedottanut asiasta lainkaan.
- ▶ Säteilytasojen kasvu havaittiin ensin Ruotsissa, ja kesti pitkään, ennen kuin Neuvostoliitosta saatiin tiedotus asiasta.
- ▶ Onnettomuuden vaikutukset Suomessa ovat hyvin pienet, mutta tarkoilla mittareilla aktiivisuuden kasvu on voitu havaita.
- ▶ Paikalliset vaikutukset Tšernobylin ja Pripjatin alueella sen sijaan ovat toista luokkaa. Kuvia: <http://www.telegraph.co.uk/travel/picturegalleries/8776991/Photographs-of-Chernobyl-and-the-ghost-town-of-Pripyat.html?image=8>

Fuusioreaktori

- ▶ Fuusioydinvoimasta puuttuvat käytännössä kaikki fissioydinvoimalan ongelmat.
- ▶ Fuusion ongelma on se, että se saadaan käyttöön vasta 10 vuoden päästä.
- ▶ Tällä hetkellä kehitettävien fuusiovoimaloidan perusideana on niinkutsuttu TOKAMAK (toroidal'naya kamera s magnitnymi katushkami — toroidal chamber with magnetic coils.)
- ▶ Tokamakissa plasmaa halluitaan suurilla magneeteilla ja se kiertää munkkirinkilän (toroidi) muotoisessa kammiossa.
- ▶ Fuusiossa vapautuvat neutronit ja protonit muuntavat reaktorin rakenteita hiljalleen hieman radioaktiivisiksi, mikä aiheuttaa myös fuusiovoimaloiden rakenteista hitusen ydinjätettä. Käytännössä siitä ei kuitenkaan muodosta ongelmaa.

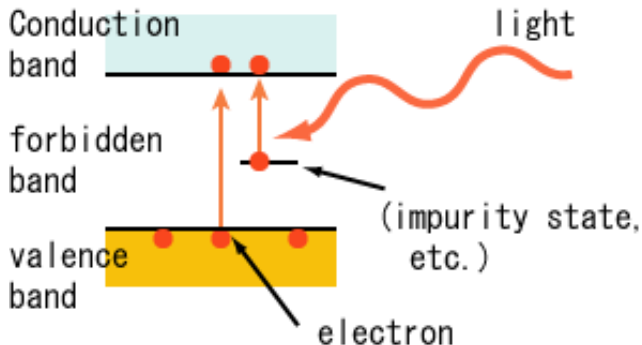
Tokamak





Toimiva fuusioreaktori: Aurinko

- ▶ Periaatteessa kaikki polttoaineet, tuuli ja vesivoima ovat kaikki peräisin Auringosta.
- ▶ Auringon säteilyenergiaa voidaan kuitenkin hyödyntää suoraankin.
- ▶ Aurinkokeräimellä lämpöenergiaa kohdistetaan esim. vesisäiliöön.
- ▶ Aurinkopaneelilla voidaan muuntaa säteilyä sähkövirraksi.



Aurinkovoimala

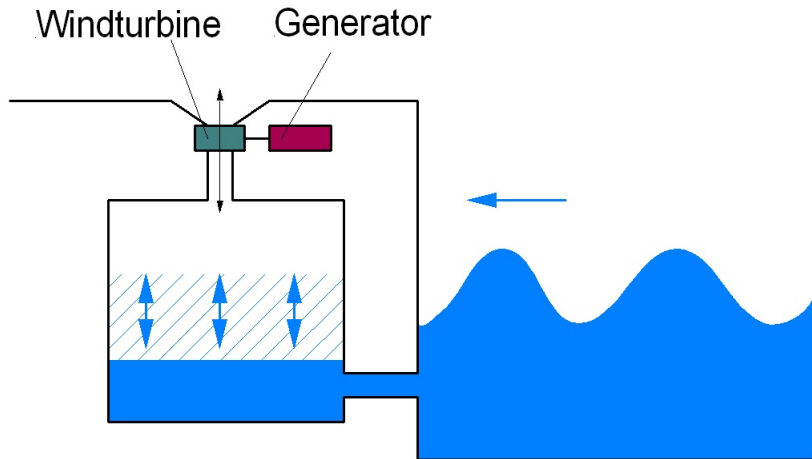


kuva: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mityaevo_Solar_Park_2012.jpg

Pienen mittakaavan juttuja

- ▶ Uusia energiantuotantomenetelmiä etsitään jatkuvasti.
- ▶ Esim. meriveden aaltojen energiaa pyritään saamaan talteen aaltovoimalassa. Menetelmä on vielä kehitysasteella, mutta lupaavia koetuloksia on saatu aikaan.
- ▶ Lämpöpumpulla voidaan lämpöä saada talteen varsin matalista lämpötiloista, kuten maasta, johon on asennettu lämpöputkia, tai talosta jo kertaalleen lämmitetystä poistoilmasta.
- ▶ Geoterminen energia on peräisin maapallon sisällä tapahtuvista radioaktiivisista hajoamisista, joiden vuoksi syvällä Maan kuorella on kuuma.

Aaltovoimala



Geoterminen energia

