



# Suomi EU:n fuusioteknologiaohjelmassa

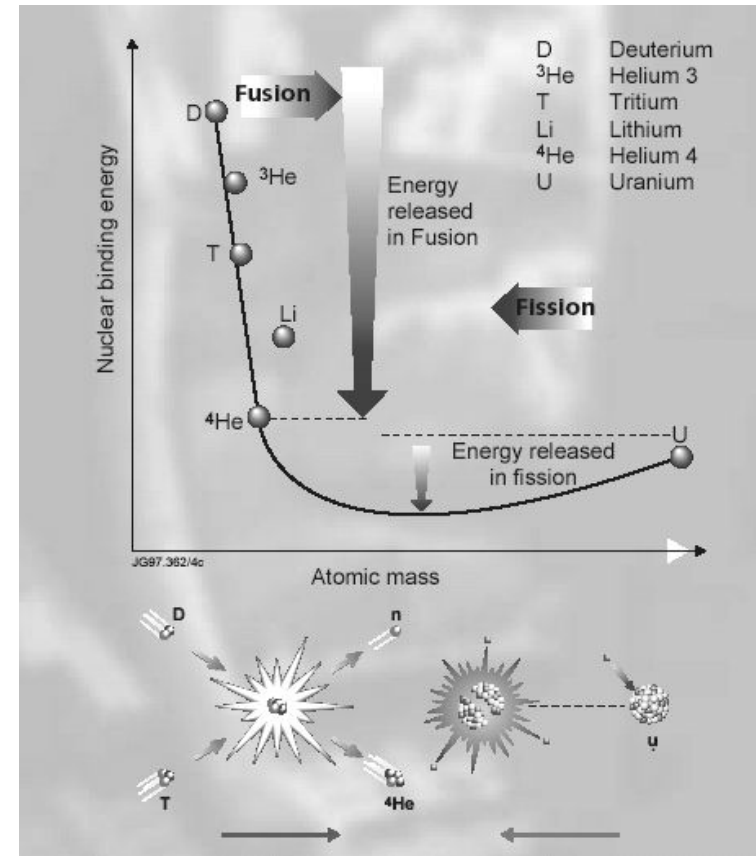
- Fuusio
- ITER
- EU:n organisoituminen
  - Suomi ja fuusio
- Verkottuminen ja yhteistyö

---

**H Plit, TVO**  
15.10.2003

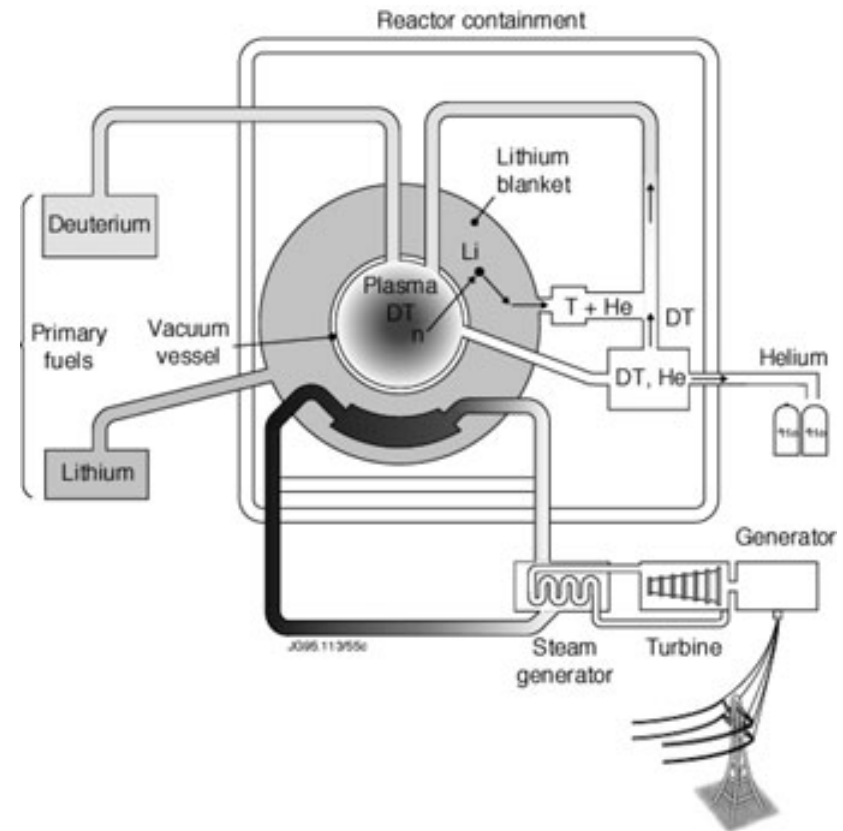
# Fuusion periaate

- Ydinreaktiossa joko syntyy tai sitoutuu energiaa riippuen reaktio atomien massaeroista
- Kevyiden atomien fuusio tuottaa merkittävästi enemmän energiaa (lämpöä) kuin raskaiden atomien fissio.
  - Fuusiossa vähäinen raaka-ainetarve.



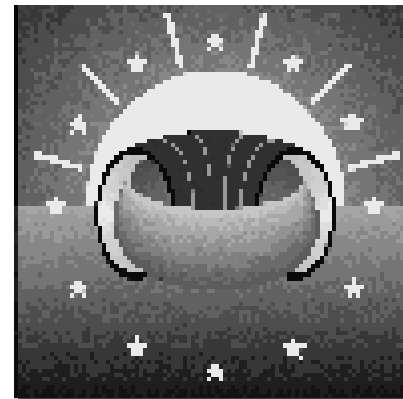
# Fuusioreaktorin periaate

- Tuotetaan olosuhteet (lämpötila, tiheys), jossa atomien ydin ja elektronit eriytyvät
- Syntyy plasmapalo ( $T > 100$  miljoonaa astetta), jossa ydinfuusion avulla synnytetään energiaa (neutronien liike-energia, joka muuttuu lämmöksi)
- Tavoitteena tuottaa nettoenergiaa ( $Q > 10$ )



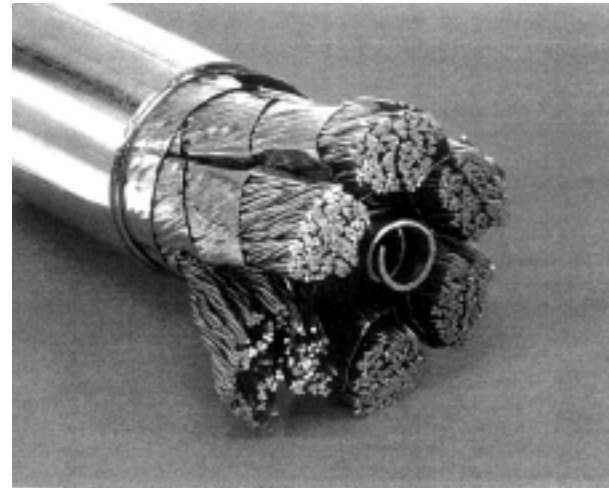
# Miksi fuusioon kannattaa panostaa?

- Yksi tulevaisuuden kestävästä energiaratkaisuista
  - käytännössä rajattomat polttoainevarat vrt. fossiiliset polttoaineet, uusiutuvat energiamuodot, fissio
  - käytännössä päästötön vrt. ilmastokysymykset CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>
- Perusvoimaa kilpailukykyisesti
  - turvallisuus: häiriötilanteessa fuusiopalon sammuminen -> ei sisärakenteiden sulamisriskiä
  - haitat: tritiumin käyttö, sisärakententeiden aktivoituminen
  - vastuu tulevaisuudesta: syntyvän radioaktiivisuuden häviäminen ihmiskupolven aikana



# Euroopan fuusio-ohjelma

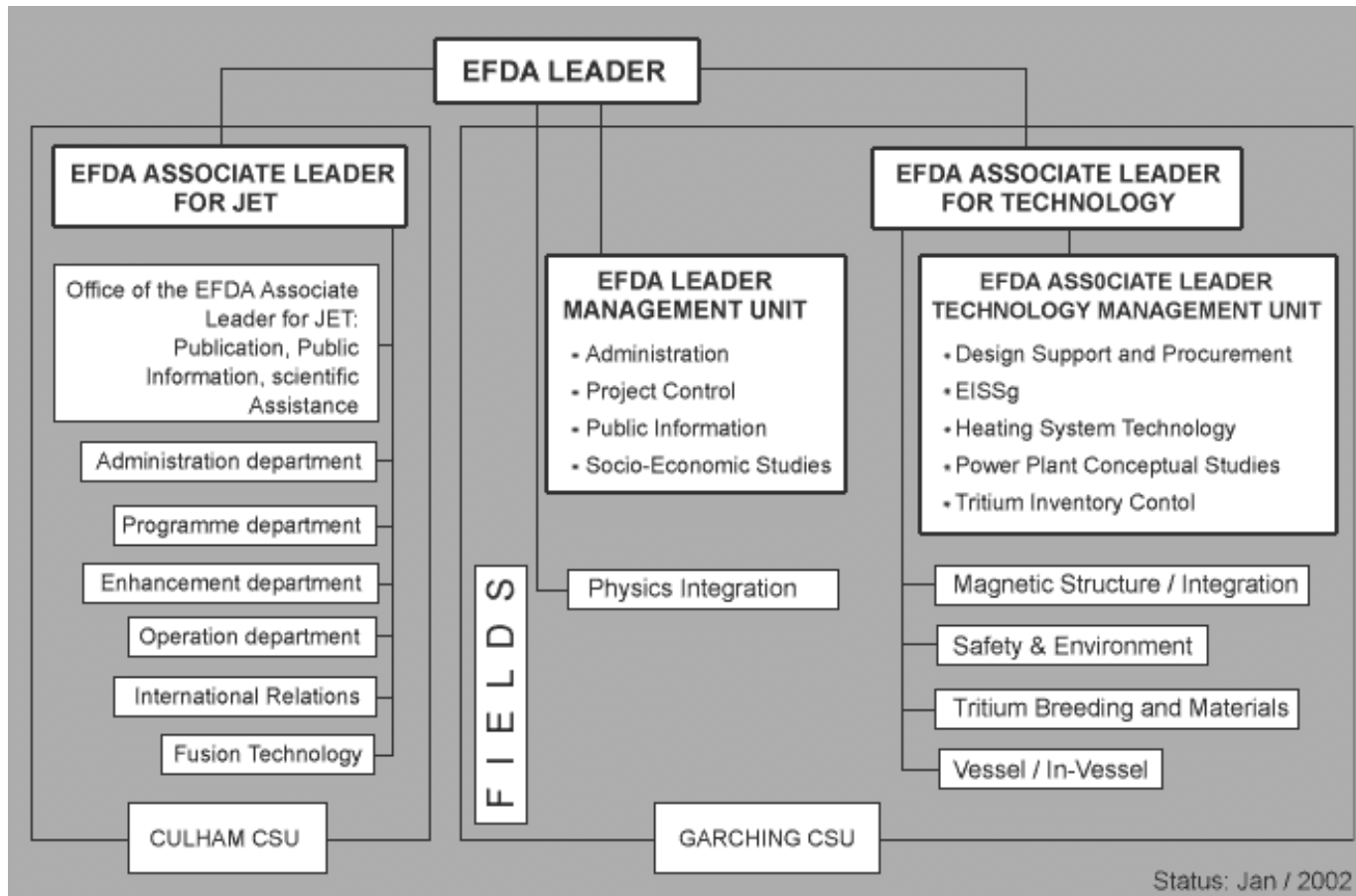
- Keskittyy magneettiseen kuumafuusioon (laitetyyppeinä tokamak ja stellaraattori)
- Euroopan toiminnan koordinointi: Euratom ja Assosiaatiot (Suomesta TEKES)
- Toiminnan toteutus: EFDA (European Fusion Development Agreement)
  - pääpaino: reaktorimateriaalien kehitys, komponenttien suunnittelu ja testaus; koetoiminta: JET
  - lisäksi kansalliset ohjelmat
- Puiteohjelma 6 (PO6) käynnissä
  - budjetti: 750 MEUR, josta 200 MEUR on "korvamerkattu" ITER:in rakentamiselle



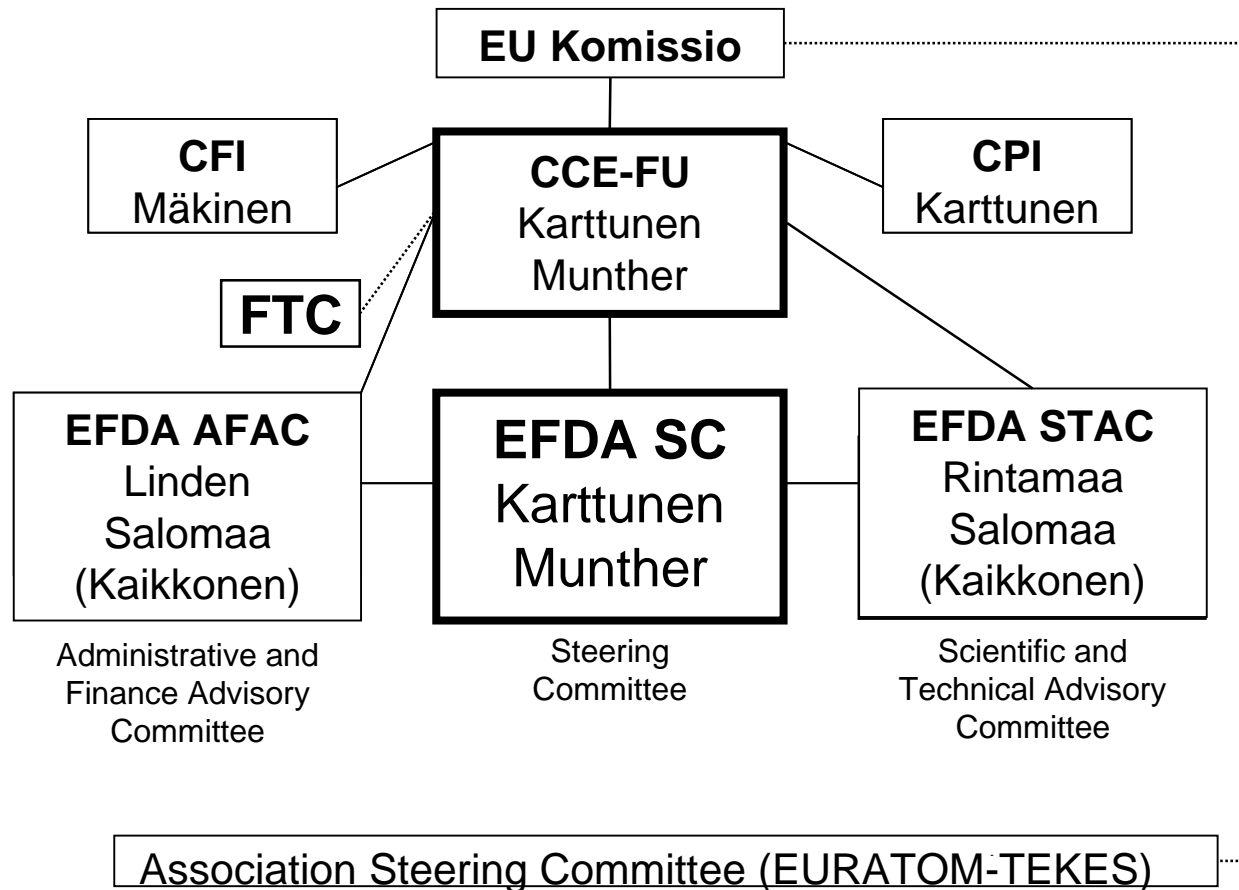
## Euroopan Fuusiolaboratoriot ja -laitteistot

<p><b>Euratom - DCU</b>                  □ DCU, DIAS □ UCC                  (Dublin) (Cork)</p>		<p><b>Euratom - NFR</b>                  • Extrap - T2 □ CTH □ Studsvik                  (Stockholm)(Göteborg) (Studsvik)</p>
<p><b>Euratom - FOM</b>                  □ ECN                  (Nieuwegein) (Petten)</p>		<p><b>Euratom - TEKES</b>                  □ VTT, HUT, HU □ TUT                  (Helsinki) (Tampere)</p>
<p><b>Euratom - Belgian State</b>                  □ ERM-KMS □ ULB-VUB □ SCK-CEN                  (Brussels) (Mol)</p>		<p><b>Euratom - RISØ</b>                  □ Risø                  (Roskilde)</p>
<p><b>JET Joint European Torus</b>                  • JET                  (Abingdon)</p>		<p><b>Euratom - ZFJ</b>                  • TEXTOR                  (Jülich)</p>
<p><b>Euratom - UKAEA</b>                  • COMPASS • MAST                  (Culham)</p>		<p><b>Euratom - ÖAW</b>                  □ TU □ TU □ UI □ ÖFZ                  (Wien) (Graz) (Innsbruck) (Seibersdorf)</p>
<p><b>Euratom - FZK</b>                  • TOSKA                  (Karlsruhe)</p>		<p><b>Euratom - IPP</b>                  • ASDEX Upgrade Wendelstein 7I-AS                  (Garching)                  □ Berlin Branch • Wendelstein 7-X                  (Berlin) (Greifswald)</p>
<p><b>Euratom - CEA</b>                  • TORE SUPRA                  (Cadarache)</p>		<p><b>Euratom - Suisse*</b>                  • TCX (Lausanne) • SULTAN (Villigen)</p>
<p><b>Euratom - CIEMAT</b>                  • TJ - IU • TJ - II                  (Madrid)</p>		<p><b>Euratom - Greece</b>                  □ NTUA (Athens)                  □ IESL (Heraklion)                  □ Iannina</p>
<p><b>Euratom - IST</b>                  • ISTTOK                  (Lisboa)</p>		<p><b>Euratom - ENEA</b>                  • RFX (Padova) • FTU (Frascati, IEP Milano)</p>
<p>Legend : □ Fusion Laboratories • Fusion Facilities * Switzerland is fully associated to the Fusion Programme</p>		

# EFDA:n organisaatio



# EU:n fuusio-ohjelman komitearakenne



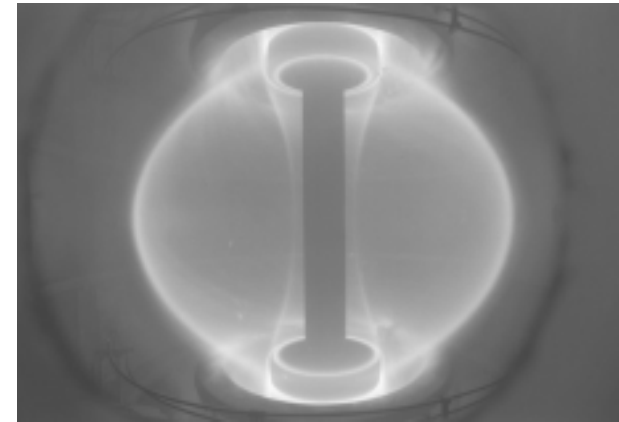


## Teknologia-alueet:

- Seuraava vaihe (Next Step)
- Pitkä tähtäin (Long Term)
- Tuleva teknologia (Underlying Technology)

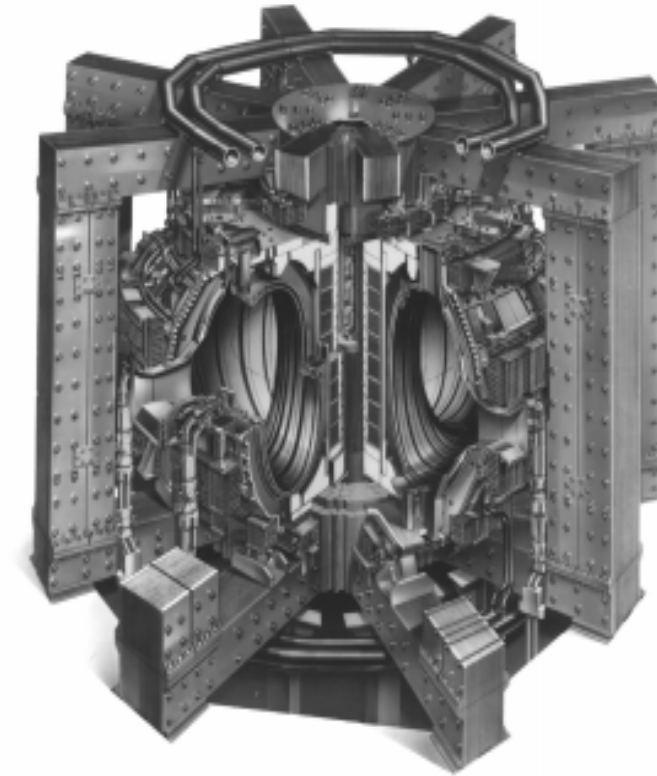
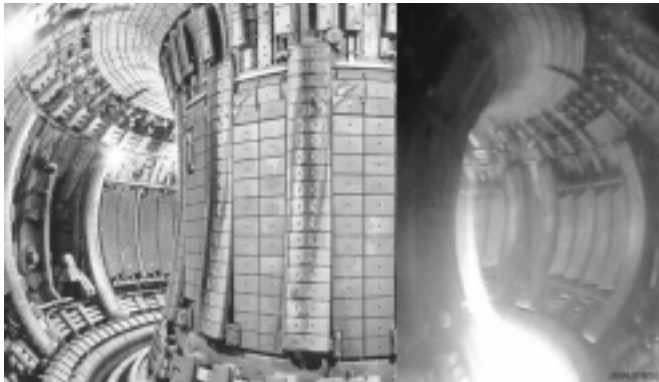
## Sopimustyytit:

- Article 5.1a: teknologia- ja kehitystehtävät
  - Komission osuus 20 %;  
mahdollinen lisätuki 20%
- Article 5.1b: suunnittelu- ja testaustehtävät
  - Komissio osuus 40 %
- Article 7: suunnittelu ja komponenttien hankinta teollisuudelta
  - Komissio osuus 100 %
  - EFET; yritykset (Fortum)



# JET koelaitteisto

- Euroopan Tokamak-fuusioreferenssi: suurin maailmassa
- Sijaitsee Englannissa
- Koetoiminta alkoi 1983
- V. 1997 saavutettiin 16 MW fuusioteho



# EFDA teknologia-ohjelma 2003

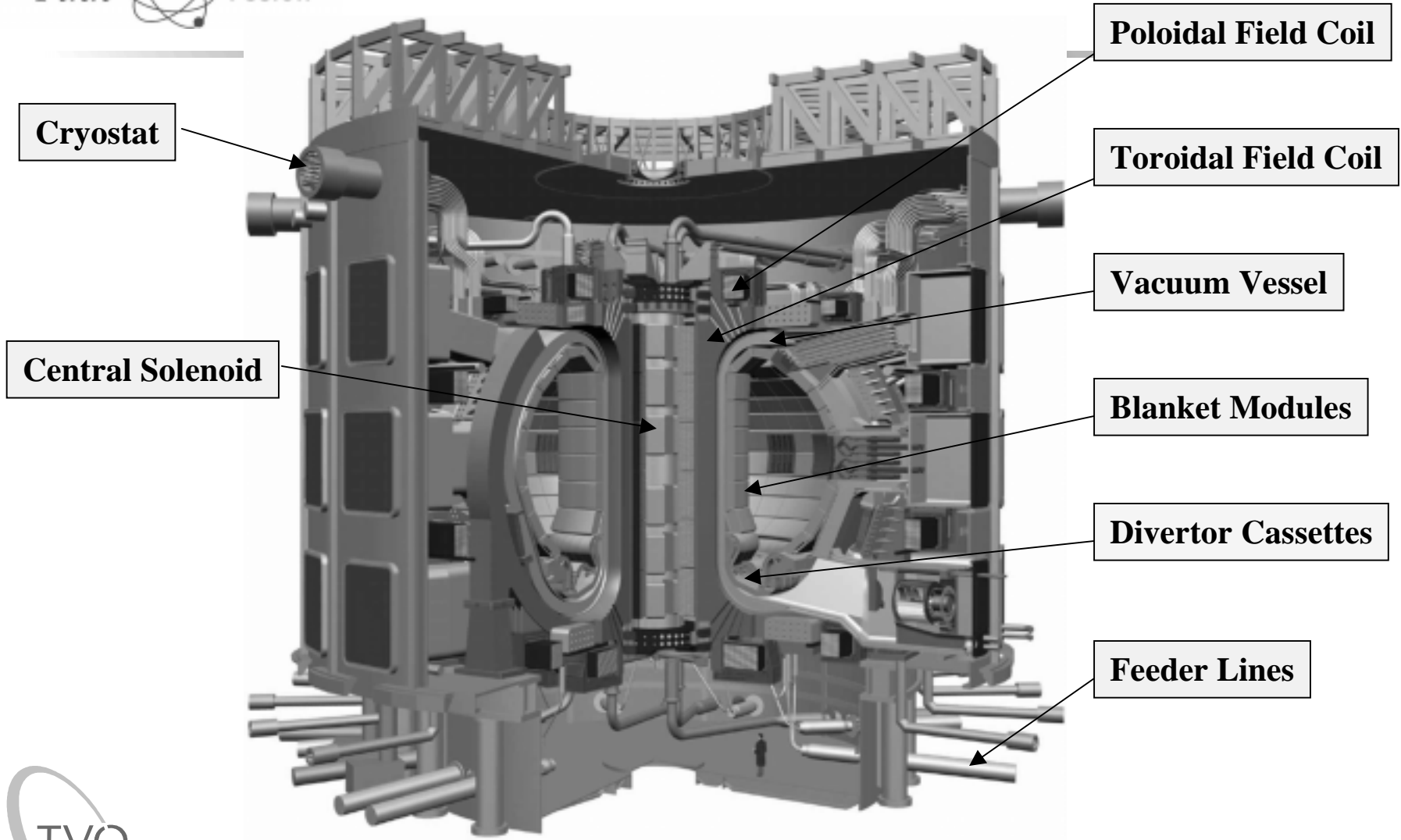
- Tavoitteena valmistaa eurooppalainen teollisuus ITER:in rakentamiseen ja saada ITER Eurooppaan
- Kokonaislaajuus noin 70 M€, T&K keskittyy johtoaseman hankkimiseen painopisteteknologia-alueilla (Vessel/In-vessel, uusi alue H&CD)
- Pitkä tähtäin (Long Term)
  - Blanketin valmistuksen ja materiaalien kehittäminen; keskittyminen heliumjäähdytteiseen konseptiin
  - IFMIF-kehitys; fuusioreaktorin säteilytysaste
- Uudet alueet
  - Tritium-pitoisuuksien hallinta
  - Suunnittelun ja ostotoimien tuki
  - ITER-paikan valmistelu
  - Sosiaalis-taloudelliset asiat
  - Tiedotus

# Fuusiokoereaktori - ITER

- Yhteisprojekti: EU, Japani, Venäjä, Kanada, USA, Kiina ja Etelä-Korea
- Suunnittelu: alkoi 1992, 1. vaihe päätökseen -98, jatkovaihe 7/2001
- Fuusioteho 500 MW; hinta n. 4,5 mrd EUR
- Sijoituspaikkavaihtoehdot (25.9.2003)
  - Eurooppa: Cadarache (Ranska)
  - Eurooppa: Vandellós (Espanja)
  - Kanada: Clarington
  - Japani: Rokkasho
- Suunniteltu rakentaminen v. 2006 - 2014
- Koeohjelman suunniteltu kesto noin 20 v.



# ITER

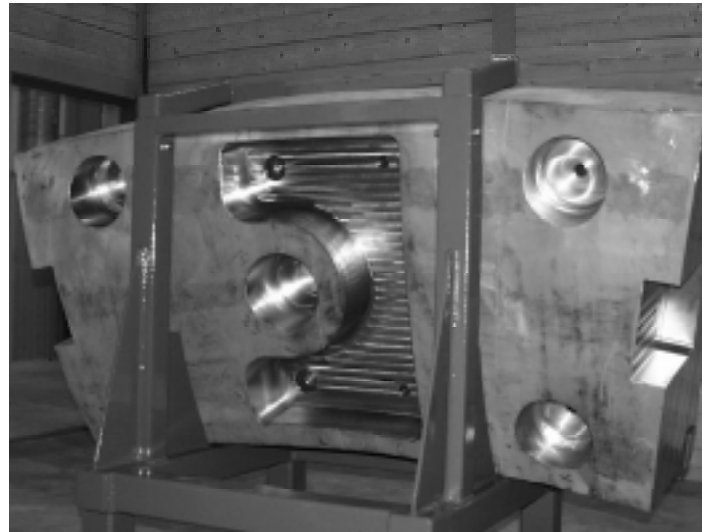


# Suomen fuusioteknologiat

- Realiteetti: Pieni maa ei voi olla mukana kaikissa osa-alueissa
- “Kaupan hyllytavaraa ei ole ostoslistalla”  
-> Löydettävä omat erikoisosaamisalueet
- Suomen teknologia-ohjelman fokusointi:
  - metallirakenteet (Metso, Hollming, VTT TUO)
  - plasmapinnoitteet (Diarctec, VTT PRO, HY)
  - suprajohtimet (Outokumpu, TTY)
  - vesihydrauliikka (Adwatec, TTY/IHA, LTY, RO-Center)
  - tuotteistettu teknologia

# Teollisuuden ja tutkimuslaitosten yhteistyö

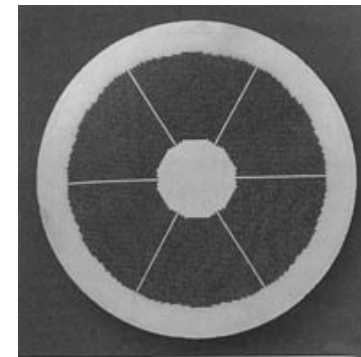
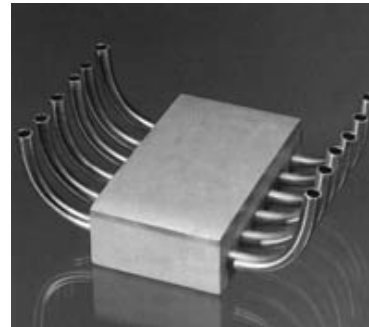
- Toiminut hyvin Euroopan fuusio-ohjelmassa
- Korkean teknologian osaamisen kasvu
- Resurssien kasvattaminen kriittisen massan ylittäväksi



FinnFusion

# Suomen fuusioteknologian verkottuminen

- Pienen maan keskitettävä rajatut voimavarat
- Suomessa teollisuuden osallistumista fuusio-ohjelmiin koordinoi ja aktivoi PrizzTech:in johtama FinnFusion-projekti osana kansallista FUSION-ohjelmaa
- Osaamiskeskukset
  - Satakunnan oske: materiaali- ja suprajohdinohjelma





# Saavutettava hyöty - välillinen

- High Tech -osaamisen kasvu -> voidaan käyttää ydinliiketoiminnan tukemiseen
- Tuotekehitys- ja tutkimustyö mahdollista ulkopuolisella rahoituksella
  - EU-rahoitus (20%, 40%, 100%)
  - kansallinen rahoitus: TEKES

- Arvokas referenssi



# Saavutettava hyöty - suoraan rahassa mitattuna

- ITER laitetoimitukset
  - “junassa oltava jo nyt mukana”
- Tulevaisuuden kaupalliset fuusioreaktorit
- Teknologiset spin-offit
  - mahdollisuus
- CERN ja ESA esimerkkeinä
  - Outokumpu: suprajohdinkaapelit, arvo n. 17 M€
  - Finavicomp/Finavitec: avaruusluotaimen runko, arvo n. 12 M€
  - Metso: dipolimagneetin päätykupolit, arvo n. 9 M€



*”Pitemmän päälle osuu vain siihen, mihin on tähdännyt. Joten vaikkei ensimmäisellä yrityksellä osukaan maaliin, on hyvä edelleen tähdätä korkealle”*

-Henry David Thoreau-