



EUROPEISKA
KOMMISSIONEN

Gemenskapsforskning

FUSIONSFORSKNING

Ett energialternativ för Europas framtid

ALLMÄN INFORMATION



Intresserad av europeisk forskning?

RTD info är en tidskrift om EU stödd forskning och utveckling (resultat, program, händelser etc).

Det ges ut på engelska, franska och tyska. Ett gratisexemplar eller en gratisprenumeration kan beställas från:

Europeiska Kommissionen

Generaldirektoratet för Forskning

Enheten för information och kommunikation

B-1049 Bryssel

Fax (32-2) 29-58220

E-post: research@cec.eu.int

Internet: http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_en.html

EUROPEISKA KOMMISSIONEN

Generaldirektoratet för Forskning

Fusionsenergiforskning

Enhet J6 Fusion Associationsavtal

Kontakt: Hugues Desmedt

Europeiska Kommissionen

Office CDMA 05/36

B-1049 Brussels

Tel. (32-2) 29-98987

Fax (32-2) 29-64252

E-post: hugues.desmedt@cec.eu.int

EUROPEISKA KOMMISSIONEN

FUSIONSFORSKNING

**Ett energialternativ för
Europas framtid**

**Europe Direct är en tjänst som hjälper dig att få svar
på dina frågor om Europeiska unionen**

**Ett nytt gemensamt avgiftsfritt telefonnummer:
00 800 6 7 8 9 10 11**

VIKTIGT RÄTTSLIGT MEDDELANDE:

Varken den Europeiska kommissionen eller någon person som agerar å kommissionens vägnar är ansvarig för hur följande information kan komma att användas. Åsikter som uttrycks i denna skrift bär författaren ensam hela ansvaret för och avspeglar inte nödvändigtvis den Europeiska kommissionens åsikter.

En stor mängd övrig information om Europeiska unionen är tillgänglig på Internet via Europa-servern (<http://europa.eu.int>).

Kataloguppgifter finns i slutet av publikationen.

Luxemburg: Byrån för Europeiska gemenskapernas officiella publikationer, 2004
ISBN 92-894-7720-2

© Europeiska gemenskaperna, 2004

Kopiering tillåten med angivande av källan. *Printed in Belgium*

TRYCKT PÅ ICKE KLORBLEKT PAPPER

INNEHÅLL

INLEDNING

| | |
|---|----|
| Behovet av säker och långsiktigt hållbar energi | 9 |
| Stjärnornas energikälla | 10 |
| Fusion för energiproduktion | 11 |
| Säkerhet | 12 |
| Miljöpåverkan | 13 |
| Framsteg inom fusionsforskning med magnetisk inneslutning | 14 |

DET EUROPEISKA FUSIONSPROGRAMMET

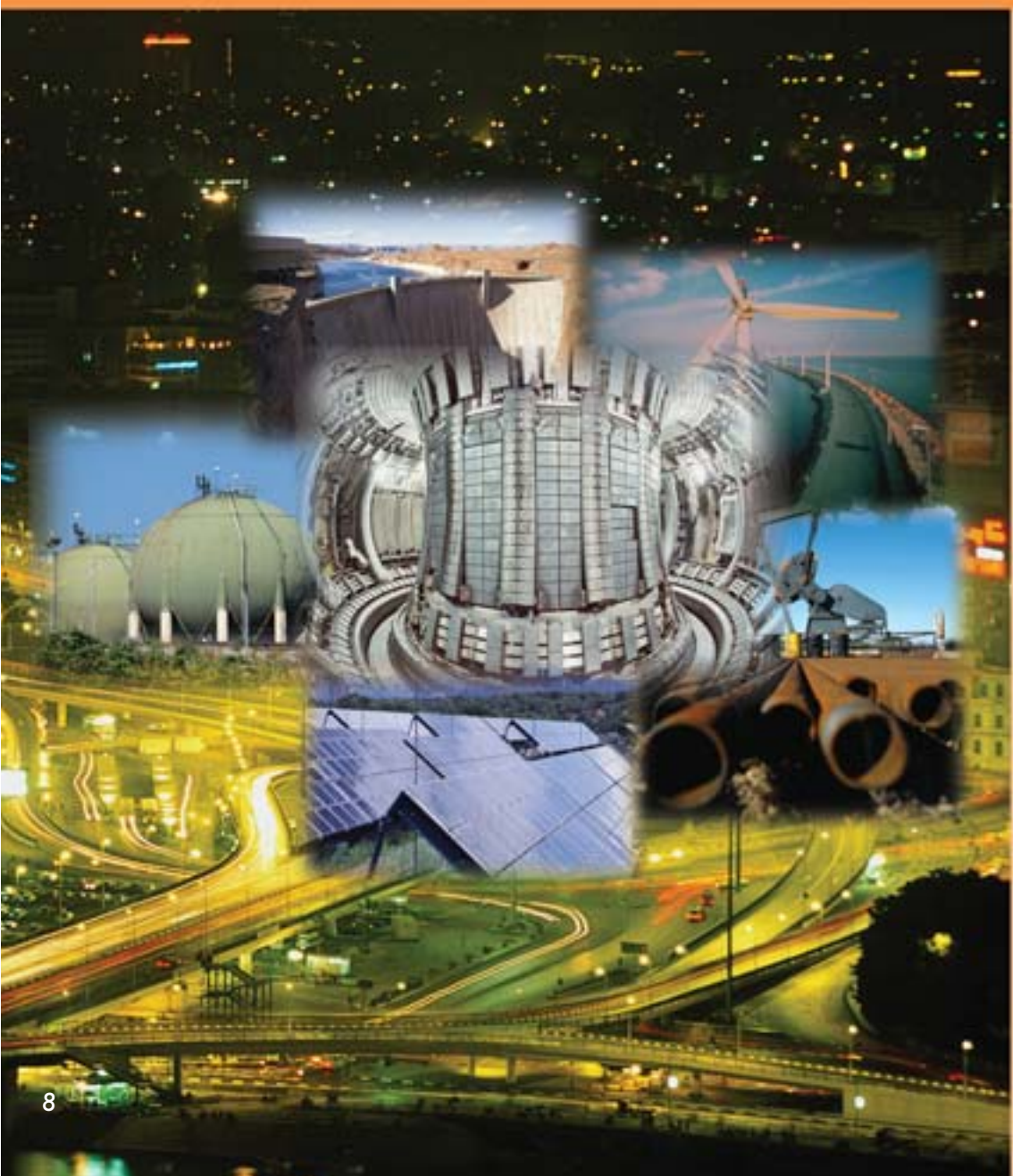
| | |
|--|----|
| ITER och den europeiska strategin för fusion | 16 |
| Det europeiska fusionsforskningsområdet | 18 |

HUR FUNGERAR FUSION?

| | |
|----------------------------------|----|
| Magnetisk inneslutning | 20 |
| En tokamaks huvuddelar | 22 |
| Plasmaupphettning | 24 |
| Plasmadiagnostik och modellering | 25 |
| ITER, vägen till fusionsenergi | 26 |
| Långsiktiga teknologiaktiviteter | 28 |

| | |
|--|----|
| Informationsaktiviteter i Europa | 30 |
| Euroforum | 32 |
| Utbildningsaktiviteter i Europa | 33 |
| Spin-off till andra högteknologiområden från fusions-FoU | 34 |

| | |
|---------------------|----|
| Referenser | 35 |
| Om "The starmakers" | 38 |
| DVD | 39 |





Behovet av säker och långsiktigt hållbar energi

Den Europeiska unionens (EU:s) ekonomi är beroende av säker och tillräcklig tillgång på energi. Idag tillgodoses behovet i huvudsak av fossila bränslen (olja, kol och naturgas), som svarar för 80% av den totala energikonsumtionen. Nästan 67% av de fossila bränslen vi använder är importerade. Totalt tillgodoser importerade fossila bränslen cirka 50% av EU:s energibehov, och till 2030 väntas andelen, särskilt olja, öka till omkring 70%.

Säkra och långsiktigt hållbara energikällor behövs för att upprätthålla vår levnadsstandard. Europeiska forskare utvecklar ett antal miljömässigt acceptabla, säkra och långsiktigt hållbara energiteknologier. Fusion är en av dem.

På lång sikt kommer fusion att erbjuda en möjlig källa för storskalig energi som har liten inverkan på miljön och är säker, och har mycket stora och väl fördelade bränslereserver.

Fusionskraftverk kommer att vara speciellt lämpade för baskraftförsörjning för att möta behoven i tätbefolkade områden och industriområden. De kan också producera vätgas för en "vätgasekonomi".

Den här skriften beskriver det arbete som europeiska forskare bedriver för att förverkliga målet att göra fusionsenergin tillgänglig för samhällets bästa.



Stjärnornas energikälla

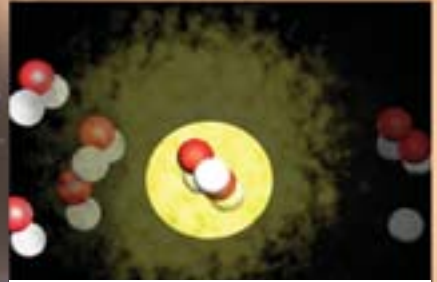
Fusion är den process som försörjer solen och andra stjärnor med energi. Lätta atomkärnor "fusionera", slås samman, och frigör energi. I solens inre gör det enorma gravitationstrycket detta möjligt vid temperaturer omkring 10 miljoner grader Celsius.

Vid så höga temperaturer uppträder gasen som ett "plasma", där elektroner har frigjorts från atomernas kärnor (jonerna). Plasma är materiens fjärde tillstånd med sina egna speciella egenskaper. Plasmafysikforskningen är inriktad på studiet av dessa egenskaper. Även om plasmatillståndet är ovanligt på jorden består mer än 99 % av universum av plasma.

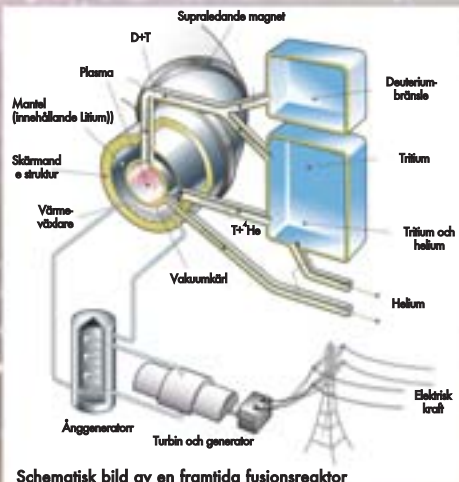
Vid de väsentligt lägre trycken som vi kan åstadkomma på jorden (10 miljarder gånger lägre än i solen) krävs temperaturer över 100 miljoner grader Celsius för att få användbar fusionsenergiproduktion. För att nå sådana temperaturer måste man hetta upp plasmat och minimera förlusterna genom isolera plasmat från behållarens väggar. Detta åstadkommes genom att placera plasmat i en ringformad "bur" av starka magnetfält, som hindrar de elektriskt laddade plasmapartiklarna från att komma ut: detta är en mycket avancerad teknik och utgör grunden för det europeiska fusionsprogrammet.



Fusion för energiproduktion



Fusionsreaktioner mellan två väteisotoper - deuterium (D) och tritium (T) - utgör basen för utvecklingen av en första generation av fusionreaktor, eftersom andra fusionsreaktioner kräver ännu högre temperaturer. Deuterium finns i naturen, är en icke-radioaktiv isotop och kan utvinnas ur vatten (i genomsnitt 35 g i varje kubikmeter vatten). Det finns inget naturligt tritium på jorden, men det kan framställas av litium (en lätt och rikligt förekommande metall) inuti fusionsreaktorn. Varje fusionsreaktion ger en alfapartikel (dvs heliumatomkärna) och en neutron med hög energi.



Schematisk bild av en framtida fusionsreaktor

Neutroner lämnar plasmat och avger sin energi i en "mantel" som omger plasmat. I manteln omvandlas litium till tritium, som återförs till vakuumkärlet som bränsle, och värmen som alstras av neutronerna kan användas för att generera ånga som driver turbiner för elektricitetsproduktion. För att förse en stad med ungefär en miljon invånare med elektricitet i ett år skulle ett fusionskraftverk behöva ett lass bränsle med en liten lastbil.



Säkerhet



Tritiumhanteringsanläggning

En fusionsreaktor liknar en gasbrännare: bränslet som sprutas in i systemet förbränns. Det är mycket litet bränsle i reaktionskammaren (ungefär 1 g D-T i 1000 m³) vid varje ögonblick, om bränsletillförseln avbryts fortsätter reaktionerna bara några få sekunder. Varje felfunktion skulle få plasmat att kallna och reaktionerna att avstanna.

De bränslen man utgår ifrån, deuterium och litium, liksom reaktionsprodukten, helium, är icke-radioaktiva. Det radioaktiva bränslet, tritium, klingar av rimligt snabbt (hal-veringstiden är 12,6 år) och sönderfallet ger en elektron (betastrålning) med mycket låg energi. I luft kan elektronen bara röra sig några få millimeter och den kan inte tränga igenom ett pappersark. Dock är tritium skadligt om det skulle komma in i kroppen och därför har man utvecklat system för att hantera tritium och inkorporerat dem i anläggningen.

Eftersom tritium produceras där det behövs för fusionsprocessen, finns inget behov för regelbunden transport av radioaktivt bränsle till ett fusionskraftverk.



Miljöpåverkan

Den energi som frigörs av fusionsreaktionerna kommer att användas på samma sätt som idag, t. ex. för att generera elektricitet, som värme för industribruk, eller möjligen för vätgasproduktion.

Ett fusionskraftverks bränslebehov kommer att vara extremt lågt. En 1 GW (elektrisk effekt) fusionsanläggning kommer att behöva omkring 100 kg deuterium och 3 ton naturligt litium för ett helt års drift, med en produktion av 7 miljarder kWh. Ett koldat kraftverk – utan kolavskiljning- behöver ungefär 1,5 miljoner ton bränsle för att generera lika mycket energi!

Fusionsreaktorer alstrar inte växthusgaser eller andra föroreningar som kan skada miljön och/eller påverka klimatet.



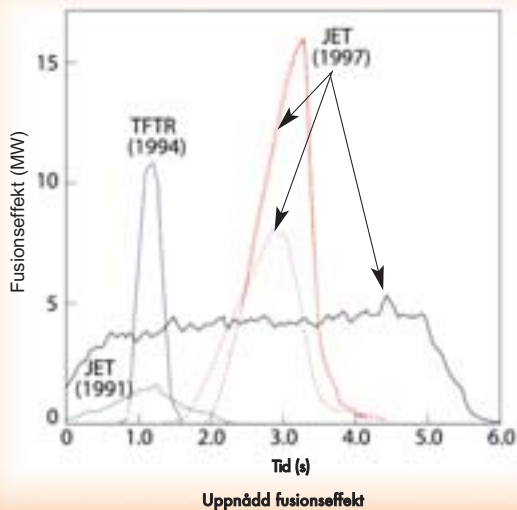
De neutroner som frigörs vid fusionsreaktionerna aktiverar materialen omkring plasmat. Ett noggrant val av material för dessa komponenter gör det möjligt att de kan lämna avfallslagringen (och möjligen återvinnas) ungefär 100 år efter att reaktorn tagits ur drift. Därför kommer avfall från fusionsanläggningar inte att bli en börda för framtida generationer.

Den europeiska tokamak-anläggningen JET (Culham-UK)

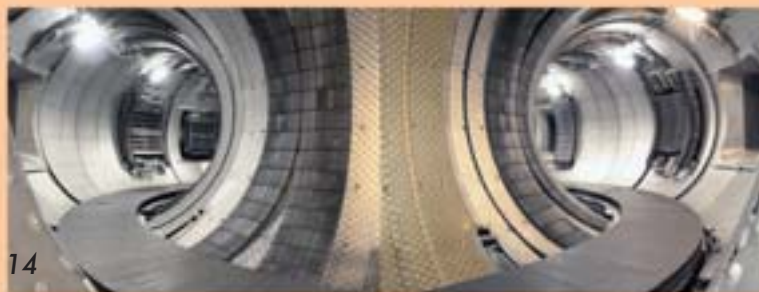


Framsteg inom fusionsforskning med magnetisk inneslutning

Den europeiska tokamaken JET (Joint European Torus) i Culham (UK) är världens största fusionsanläggning och den enda som för närvarande kan arbeta med en D-T bränsleblandning. JET har uppnått alla sina ursprungligen planerade mål och i en del fall gått längre. År 1997 sattes i JET ett världsrekord i utvecklade fusionseffekt med 16 MW.



Det finns ett antal stora experimentanläggningar i Europa som bidrar till den kunskapsbas som behövs för att föra fusionsforskningen vidare. Ett framsteg under senare tid gjordes i den stora tokamaken TORE SUPRA i Frankrike, som studerar kvasistationär drift av fusionsanläggningar. År 2003 åstadkom man en plasmaurladdning med höga prestanda i en rekordlång puls: sex och en halv minut. Den totala energi som matats in under den tiden, som också måste föras bort som värme, var mer än en gigajoule (en miljard joule - tillräckligt för att koka tre ton vatten).



Tore Supra (Cadarache - F) högpresterande plasmaurladdning med rekordlång varaktighet.

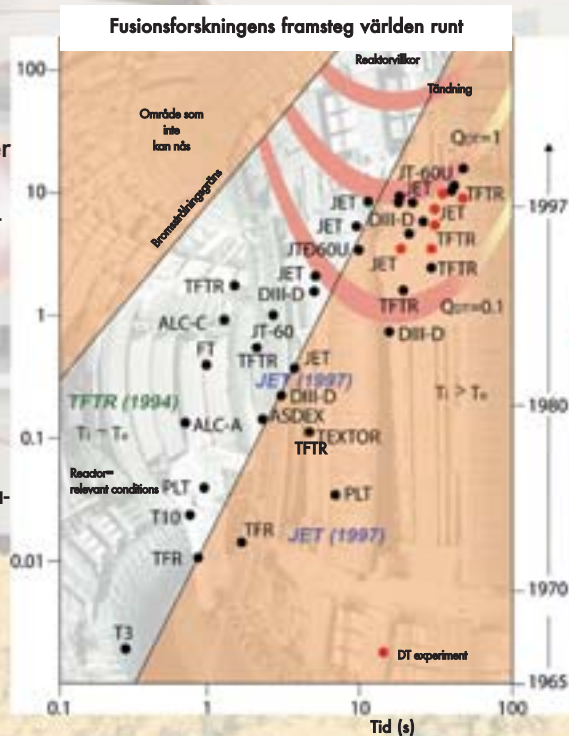


Ett enkelt mått på fusionsmaskiners prestanda är godhetstalet Q , kvoten mellan utvecklad fusionseffekt och den effekt som tillförts plasmat för upphettning.

Villkoret för självunderhållen förbränning ($Q = \infty$) uppnås när energiförlusterna helt täcks av plasmats egenupphettning på grund av fusionsreaktioner. När villkoret är uppfyllt, behövs inte längre någon yttre upphettning för att bevara de höga temperaturer som krävs för fusion. Precis som en eld kommer plasmat att fortsätta "brinna", så länge nytt bränsle tillförs. I framtida fusionsreaktorer kommer det inte att vara nödvändigt att nå detta tillstånd, det är tillräckligt att använda dem som effektförstärkare.

JET har genererat 16 MW fusionseffekt med $Q = 0,65$. Nästa maskin, ITER, siktar på $Q = 10$, medan framtida fusionsreaktorer kan ha Q -värden upp till 40 eller 50.

Eftersom de flesta fusionanläggningar idag inte använder tritiumbränsle, karakteriseras deras prestanda av en kombination av plasmamparametrar som visar hur nära de är till fusionsrelevanta tillstånd. Figuren visar mätta Q -värden och plasmatemperatur för ett stort antal tokamaker i hela världen. Maskinerna med högst prestanda har nått parametrar som närmar sig dem som behövs i en reaktor.





ITER och den europeiska strategin för fusion

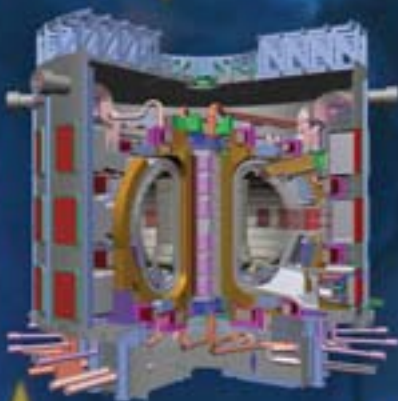
Det långsiktiga målet för fusions-FoU i den Europeiska unionens medlemsstater (plus länder associerade till Euratoms ramprogram) är att "gemensamt åstadkomma prototypreaktorer för kraftstationer för att möta samhällets behov: driftsäkerhet, miljöanpassning, ekonomisk genomförbarhet".

I strategin för att komma till detta långsiktiga mål ingår utvecklingen av en experimentell reaktor som bedrivs inom det internationella "ITER"-samarbetet.

Målet för ITER-tokamaken är att demonstrera den vetenskapliga och tekniska genomförbarheten av fusionsenergi för fredliga ändamål. ITER kommer att åstadkomma detta genom att demonstrera kontrollerad förbränning av deuterium-tritiumplasma, med stationär drift som slutligt mål, och genom att demonstrera teknologier som är viktiga för en reaktor i ett integrerat system.

ITER kommer att följas av en demonstrationsreaktor ("DEMO"), som för första gången skulle kunna generera betydande mängder elektricitet och bli självförsörjande med tritium. Att bygga ITER, och senare DEMO, kommer att kräva ett betydande engagemang av europeisk industri och kommer att åtföljas av kompletterande FoU-aktiviteter inom fysik och teknik i fusionslaboratorier och universitet.

Schematisk bild av ITER





Deltagande (med internationella parter) i designen av ITER har utgjort en viktig del av det europeiska fusionsforskningsprogrammet på senare år. Huvuddragen liknar designen för den europeiska JET-anläggningen (Joint European Torus, Culham, UK), som satte världsrekord med 16 MW fusionseffekt år 1997. Extrapolationen till ITER görs med modellering grundad på en omfattande experimentell databas från europeiska och internationella fusionsexperiment.

ITER-samarbetet bedrivs inom ramen för International Atomic Energy Agency (IAEA, Vienna - A). Det strategiska målet för ITER är att demonstrera den vetenskapliga och tekniska genomförbarheten av fusionsenergi för fredliga ändamål.



Artistisk bild av den europeiska platsen för ITER i Cadarache - F

Parallellt med ITER pågår arbeten även för DEMO, delar som tar lång tid att utveckla. En viktig uppgift är utvecklingen av avancerade strukturmaterial (speciellt sådana med låg aktivering) som är optimerade för fusionsreaktormiljö.

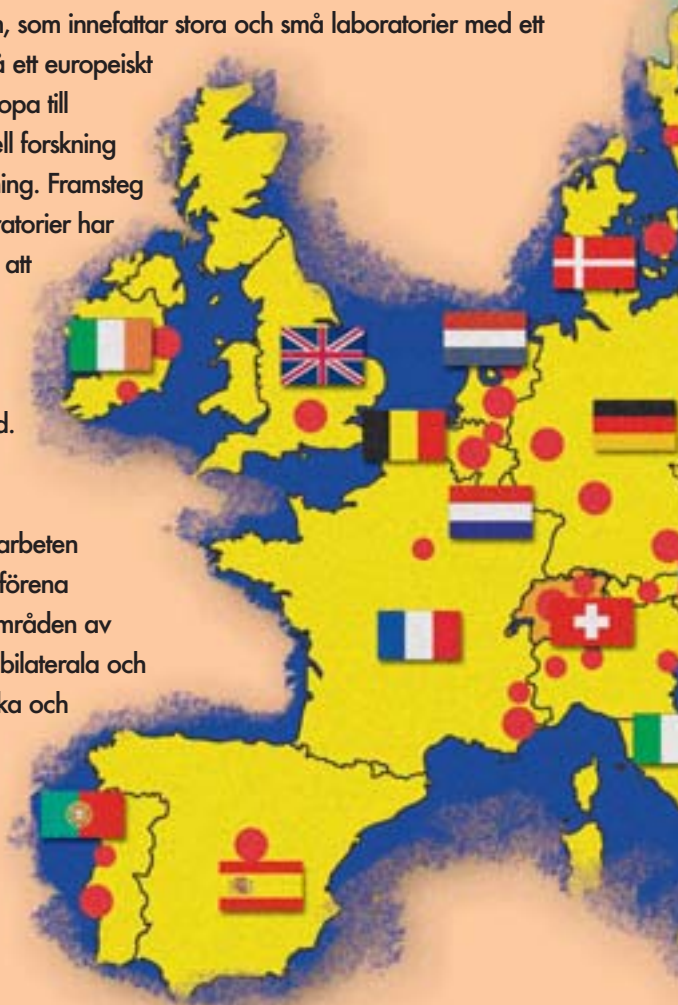


Det europeiska fusionsforskningsområdet

En viktig egenskap hos det europeiska fusionsprogrammet är dess unika samordning som möjliggör intensiv användning av alla forsknings- och utvecklingsresurser i paneuropeiska samarbeten på alla viktiga forskningsområden. Speciellt viktig är samarbetet för utnyttjandet av JET och teknologiprogrammet inom European Fusion Development Agreement (EFDA), som är kraftigt orienterat mot ITER, men också innefattar forskning som blickar framåt mot DEMO.

Detta samordnade fusionsprogram, som innefattar stora och små laboratorier med ett gemensamt mål, är ett exempel på ett europeiskt forskningsområde och har fört Europa till forskningsfronten inom internationell forskning om fusion med magnetisk inneslutning. Framsteg i Europas associerade fusionslaboratorier har gjort det möjligt att bygga JET och att fortsätta mot ITER, vilket ingen av medlemsstaterna eller de associerade staterna skulle ha kunnat åstadkomma på egen hand.

Vid sidan av det stora samarbetet om ITER bedrivs också andra samarbeten med icke-europeiska parter för att förena världens bästa expertis på olika områden av gemensamt intresse, med ett antal bilaterala och multilaterala avtal mellan europeiska och icke-europeiska laboratorier.





Baserat på Euratomavtalet koordineras programmet för fusions-FoU i Europa av den Europeiska kommissionen och genomförs genom:

- Associationavtal med forskningsinstitut eller organisationer i medlemsstaterna och länder som är associerade med Euratoms ramprogram (laboratorierna som hör till Euratom-associationer markeras på kartan med röda punkter).
- EFDA-avtalet som svarar för:
 - Fusionsteknologiaktiviteter inom associationer och industri,
 - Gemensam användning av JET-faciliteterna, och
 - Europeiska bidrag till internationella samarbeten som ITER.
- Kontrakt med begränsad varaktighet i länder som inte har någon fusions- "Association".
- Ett avtal för underlättande av forskarnas rörlighet, och Euratomstipendier.

I EU:s sjätte ramprogram (2002 till 2006) är fusionsenergiforskning ett "Prioriterat område" med en budget på €750 miljoner (av vilket €200 miljoner kan användas för att börja bygga ITER).

Bakom succén för europeisk fusionsforskning ligger insatser av omkring 2000 fysiker och ingenjörer i europeiska laboratorier och i europeisk industri.



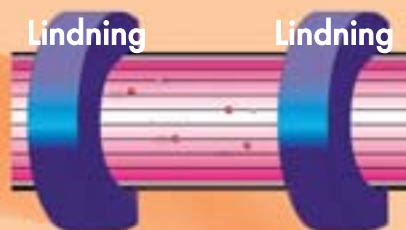


Magnetiskt innesluten fusion

Magnetiskt innesluten fusion använder starka magnetfält för att innesluta plasmat i ett "vakuumkärl" som skiljer plasmat från luften. I ett idealiserat fall kan elektriskt laddade joner och elektroner, som tillsammans utgör plasmat, inte korsa de magnetiska fältlinjerna. Däremot kan de röra sig fritt längs de magnetiska fältlinjerna.

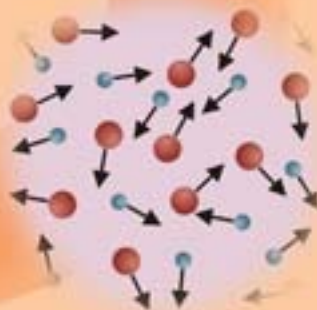


Fusion med magnetisk inneslutning



Plasma med magnetfält

Genom att böja fältlinjerna runt till en sluten slinga, kan man, i princip, innesluta plasmapartiklarna. Partiklarna och deras energi är väl isolerade från förbränningskammarens vägg, varvid den höga temperaturen kan upprätthållas. I ett verkligt ringformat magnetiskt system förlorar man ändå energi genom olika processer såsom strålning och genom partikelkollisioner, som får partiklar att lämna inneslutningen tvärs över de magnetiska fältlinjerna.



Plasma med magnetfält

Magnetfälten genereras av starka elektriska strömmar i spolar utanför reaktorkärllet. Ofta bidrar också strömmar i plasmat till den magnetiska buren.



Poloidalfältslindningar



I den typ av maskin som kallas "tokamak", utgör plasmat sekundärlindningen i en transformator (primärlindningen är en yttre spole) och en ändring av strömmen i primärlindningen inducerar en ström i plasmat. Förutom att alstra ett magnetfält, som har betydelse för inneslutningen, bidrar plasmaströmmen också med upphettning, på grund av plasmats elektriska motstånd. Eftersom en transformator inte kan alstra en ström kontinuerligt, har plasmat begränsad varaktighet. För att nå ett fortvarighetstillstånd måste man använda andra metoder för att driva strömmen.

Plasmaström

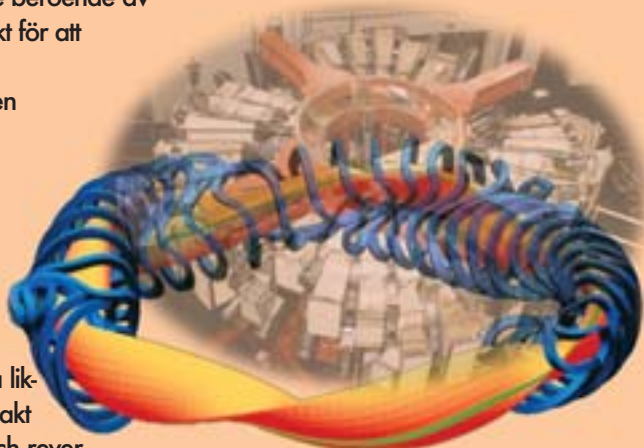
Plasma

Toroidalfältslindningar

Magnetisk fältlinje

Schematic bild av en tokamak

Den typ av maskin som kallas "stellarator" använder samma princip för magnetisk inneslutning, men hela magnetfältet alstras med yttre spolar av komplicerad form och man är inte beroende av någon transformatoreffekt för att alstra en plasmaström. Stellaratorer har därför en inneboende potential för kontinuerlig opdrift. Den största nya anläggningen under byggnad för närvarande är stellaratorn W 7-X i Greifswald (D). Andra magnetiska konfigurationer som nära liknar de nämnda är kompakt (eller sfärisk) tokamak och reversed field pinch.



Schematic bild av stellarator



En tokamaks huvuddelar

Central solenoid

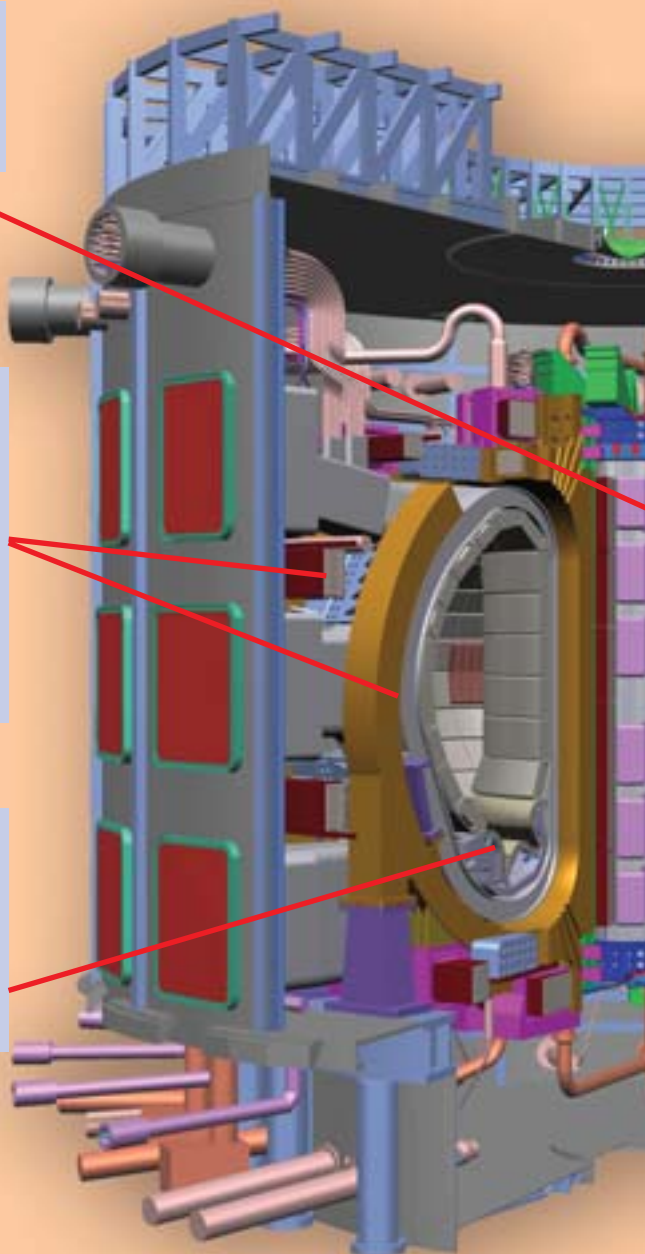
Transformatorns primärlindning.
Plasmat utgör sekundärlindning.

Toroidalfältslindningar och poloidalfältslindningar

Dessa alstrar det starka magnetfältet (typiskt omkring 5 tesla, som är ~ 100000 gånger jordens magnetfält) som innesluter plasmat och hindrar det från att nå vakuumkärlets väggar.

Divertor

För bort föroreningar och He från vakuumkärlet och utgör det enda område där plasma avsiktligt tillåts nå väggar.





Kryostat

Den omger lindningarna och vakuumbärllet och är kyld till omkring -200 grader Celsius för att hjälpa till att hålla de suprale- dande magneterna vid deras arbetstemperatur -269 grader Celsius.

Vakuumbärl

Hindrar luft från att tränga in i plasmainneslutningsområdet.

Mantel

Litium ingår i mantelmodulerna. När neutroner reagerar med litium bildas tritium, som kan separeras och föras in till plasmat. Neutronernas energi värmer en vattenkrets och ger ånga som driver elektriska generatorer.



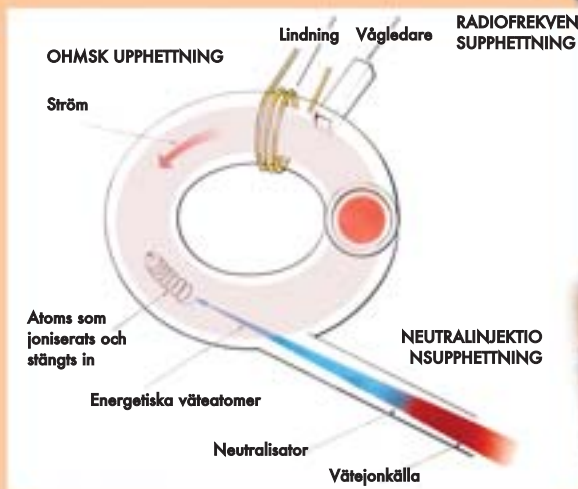
Plasmaupphettning

Strömmen som flyter i tokamakplasmata bidrar till dess upphettning. När plasmatemperaturen ökar blir denna ohmska upphettning mindre effektiv och den kan bara värma plasmata till några få miljoner graders temperatur, dvs ungefär 10 gånger för låg för att fusionsreaktioner ska förekomma tillräckligt ofta. För att komma längre, tillförs ytterligare upphettning från yttre källor.

Högfrekvensupphettning använder elektromagnetiska vågor med olika frekvens och hög effekt som för över sin energi till plasmata genom resonansabsorption.



Tre sådana system utvecklas: Juncyklotronresonansupphettning (20 MHz till 55 MHz), elektron-cyklotronresonansupphettning (100-200 GHz, mikrovågor), och upphettning vid den undre hybridfrekvensen (1-8 GHz).



RADIOFREKVEN SUPPHETTNING
Radiofrekvensantenn i Tore Supra (CEA, Cadarache - F)



Strålar av energetiska neutralpartiklar injiceras i plasmata, tränger in, och överför sin rörelseenergi till plasmata genom kollisioner med plasmapartiklarna.

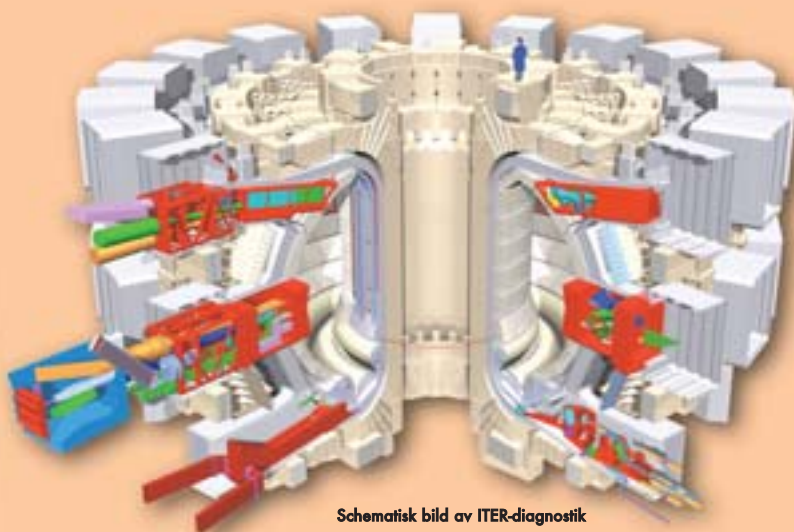


Plasmadiagnostik och modellering

För att designa en fusionsreaktor måste man förstå de processer som pågår i plasmat. Det kräver sofistikerade och komplexa mät-system, som gemensamt kallas diagnostik.

Diagnostik utvecklas i europeiska laboratorier för att bevaka olika plasmaegenskaper, från temperaturen i plasmats inre, med hjälp av mycket starka lasrar, till mängden föroreningar i plasmat och deras lokalisering.

De data man får från dessa diagnostikmetoder används i utvecklingen av datorprogram som kommer att kunna förutsäga reaktorns uppträdande och säkerställa att den fungerar som avsett.



Schematisk bild av ITER-diagnostik



ITER, vägen till fusionsenergi

ITER är nästa stora milstolpe i utvecklingen av en fusionreaktor.

ITER-projektet är baserat på ett lyckat internationellt samarbete med ett brett spektrum av tekniska FoU-projekt.

ITER kommer att kunna generera 400 MW fusionseffekt under 6 minuter, som senare kan förlängas till stationär drift.

ITERs kapitalkostnad uppgår till ungefär €4,6 biljoner (2000 års penningvärde). När en överenskommelse har uppnåtts mellan de internationella parterna kommer byggandet av ITER att ta 8 till 10 år varefter maskinen kommer att vara i drift i ungefär 20 år.

ITER är baserad på vetenskapliga resultat från många maskiner världen runt.

Fullskaleprototyp av ITER-divertor

Provplattform för fjärrhantering av ITER:s divertor

Gyrotron, högfrekvensgenerator för mikrovågor



Svetsning med högeffekt-laser (11 kW) för vakuumpårlseltorer



Provning av en modellindning för toroidalfältet



Gyrotronkälla för högfrekventa mikrovågor (1 MW)



Prov med högt värme-flöde av skyddsplattor



En fullskalig modell av en vertikal divertorplatta provas vid Framatome



Anläggning för prov av manteln

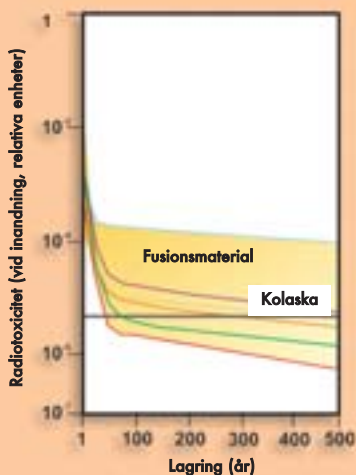


Långsiktiga teknologiaktiviteter

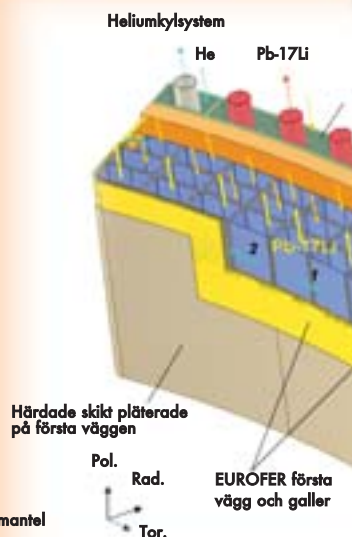
Förutom arbetet med ITER pågår betydande fusionsteknologiforskning och -utveckling för DEMO. Europeiska studier av mantel för tritiumbridning koncentreras på heliumkyllt litium-bly och heliumkylda keramiska bridkorn. Den forskningen är kritisk för utvecklingen av fusionsreaktors tritiumcykel.

Den europeiska utvecklingen av strukturmaterial koncentreras på ferritiska och martensitiska stål med reducerad aktivering (EUROFER) och undersöker, på längre sikt, kiselkarbidkompositser.

Frågor om säkerhet och miljö studeras också. Dessa är huvudsakligen inriktade på förbättrade koncept och minimering av aktiverade material och leder till den viktiga slutsatsen att en fusionsreaktor kan designas så att ingen inre olycka kommer att kräva evakuering av befolkning i omgivningen. Socio-ekonomiska studier analyserar ekonomiska aspekter and långsiktiga scenarier för fusion.



Beräknad avklingning av radiotoxiciteten från olika fusionskraftverksmodeller jämfört med radiotoxiciteten från kolaska



Koncept för provmantel



Tritiumpump



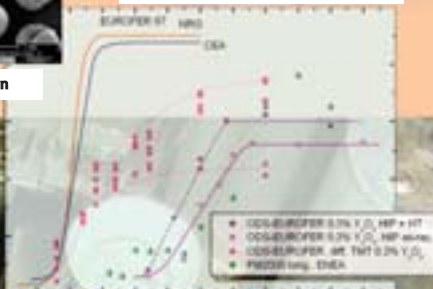
Berylliumkorn



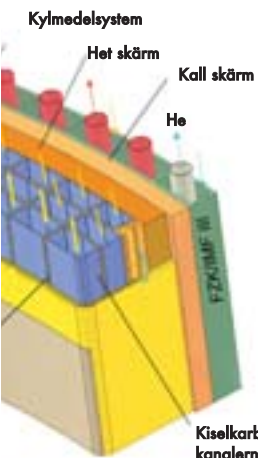
Korrosionsprov av flytande metaller



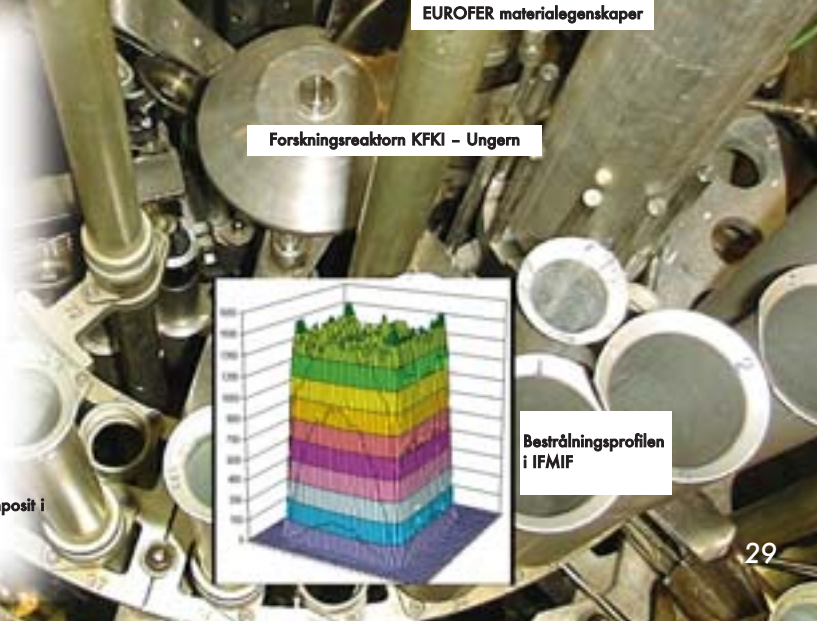
EUROFER materialprov



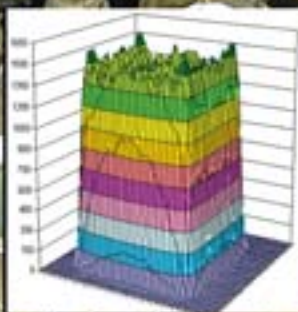
EUROFER materialegenskaper



Kiselkarbidkomposit i kanalerna



Forskningsreaktorn KFKI – Ungern



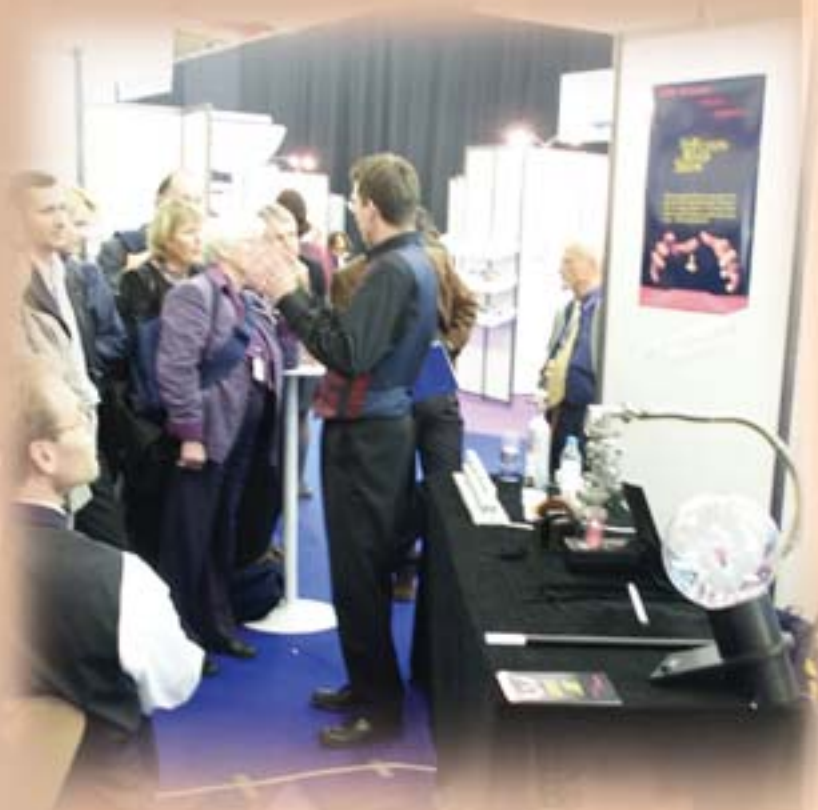
Bestrålningsprofilen i IFMIF



Informationsaktiviteter i Europa

Vandringsutställningen Fusion Expo har skapats och visats i många europeiska städer för att informera allmänheten och studenter om fusionsenergiforskningen i Europa.





The Fusion Road Show

The Fusion Road Show, utvecklad av Association Euratom-FOM (NL), utgör ett bra exempel på lyckade informationsaktiviteter från fusionsforskarsamhället. Den består av ett antal enkla experiment som förklarar de grundläggande principerna sammanlänkade i en underhållande föreställning och åtföljda av en förklarande presentation.



Eiroforum

Genom EFDA deltar det europeiska fusionsprogrammet i EIROforum, ett samarbete mellan sju europeiska mellanstatliga vetenskapliga forskningsorganisationer som är ansvariga för infrastrukturer och laboratorier. Ett primärt mål för EIROforum är att spela en aktiv och konstruktiv roll för att främja kvalitet och genomslag för europeisk forskning. Ett specifikt mål är att samordna organisationernas informationsaktiviteter, innefattande tekniköverföring och allmän utbildning.

De sju medlemmarna i EIROforum är:

- **CERN** European Organisation for Nuclear Research (CH),
- **EFDA** European Fusion Development Agreement (GB, D),
- **EMBL** European Molecular Biology Laboratory (D),
- **ESA** European Space Agency (EU),
- **ESO** European Southern Observatory (D, CL),
- **ESRF** European Synchrotron Radiation Facility (F),
- **ILL** Institut Laue-Langevin (F).



Fysik på scenen 3- Lärare i aktion



Utbildnings aktiviteter i Europa

Utbildning av unga forskare är en viktig del av associationernas arbete. Många forskare i associationerna har undervisningsskyldighet vid akademiska institutioner, huvudsakligen universitet, och omkring 200 till 250 studenter och doktorander utför sina forskningsarbeten i associationernas laboratorier. Många associationer organiserar doktorandkurser och sommarskolor i fusion och plasmafysik för doktorander och nydisputerade forskare.

Några av sommarskolorna som organiseras av associationer är:

- Carolus Magnus Summer School - The TEC group of Associations (B, D, NL),
- Culham Summer School - Association Euratom-UKAEA (UK),
- Volos Summer School - Association Euratom-Greece (GR),
- IPP CR Summer School - Association Euratom-Institute of Plasma Physics, (CZ).



Spin-off till andra högteknologiområden från fusions-FoU

Industrin har bidragit aktivt i uppbyggnaden av apparater och utveckling av den teknik som behövs för fusions-FoU, och industrin har dragit nytta av samarbetet genom att utveckla expertis och kommersiella produkter i olika områden utanför fusion. Dessa spin-offer inkluderar plasmaprocesser, ytbehandling, förbättrade ljuskällor, plasmadisplayer, vakuumteknik, kraftelektronik och metallurgi.



Jonmotor för rymden

Kunskapsöverföring från fusion sker också genom forskare som går över från fusionsforskning till andra teknikområden och tar med sig den kompetens de utvecklat inom fusion. Den sortens korsbefrukning och tvärvetenskap är en av de viktigaste drivkrafterna för europeiska vetenskapliga och tekniska framsteg.





Referenser

Bakgrundsläsning:

“Towards a European Strategy for the Security of Energy Supply”, Green Paper, European Commission, COM (2000) 769

http://europa.eu.int/comm/energy_transport/en/lpi_lv_en1.html

Mer information finns på följande webbplatser:

http://europa.eu.int/comm/research/energy/fu/fu_en.html

<http://www.efda.org>

<http://www.jet.efda.org>

<http://www.iter.org>

<http://www.fusion-eur.org>

<http://www.eiroforum.org>

Kontakter för vidare information:

C. Ibbott

European Commission

Directorate General RTD J6 Fusion Association Agreements

75 rue Montoyer B-1049 Brussels - Belgium

tel: +32 229 86721 - fax: +32 229 64252

e-post: christopher.ibbott@cec.eu.int

http://europa.eu.int/comm/research/energy/fu/fu_en.html

+++++
F. Casci

EFDA CSU Garching

Boltzmannstr.,2 D-85748 Garching bei Muenchen - Germany

tel: +49 89 3299 4237 - fax: +49 89 3299 4197

e-post: federico.casci@efda.org - <http://www.efda.org>

+++++
M.T. Orlando

Consorzio RFX - Management of Fusion EXPO

Corso Stati Uniti, 4, I-35127 Padova - Italy

tel: +39 049 829 5990 - fax: +39 049 829 5051

e-post: mariateresa.orlando@igi.cnr.it - <http://www.igi.pd.cnr.it>

FÖRSÄLJNING OCH PRENUMERATION

Publikationsbyrån ger ut publikationer för försäljning, och dessa kan beställas från våra försäljningsställen i hela världen.

Hur gör man om man vill köpa en av publikationerna ?

Välj ett kontor från listan över försäljningsställen och kontakta det för att göra en beställning.

Hur får man tag på listan över försäljningsställen?

- Gå till publikationsbyråns webbplats
<http://publications.eu.int/> eller
- skicka ett fax till (352) 29 29-42758 om du vill ha en papperskopia av listan.

Europeiska kommissionen

Fusionsforskning Ett energialternativ för Europas Framtid

Luxemburg: Byrån för Europeiska gemenskapernas officiella publikationer

2005 – 40 s. –format A5 14,8 x 21 cm

ISBN 92-894-7720-2

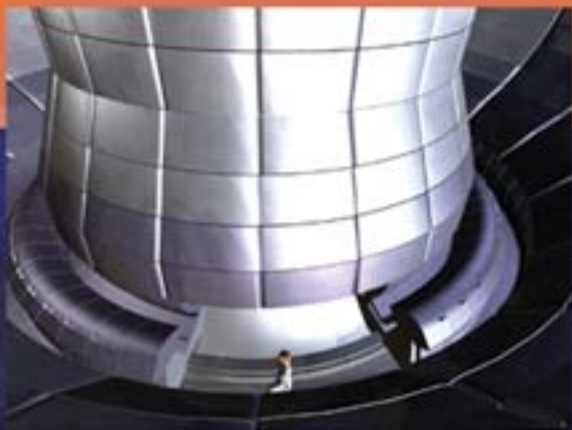
Om "The starmakers"



Den 8 minuter långa filmen "Starmakers" beskriver ITER, en stor experimentanläggning som kommer att byggas i ett världsomfattande samarbete, som "nästa steg" på vägen mot fusionskraft. Ett "virtual reality"-besök ger publiken en visuell uppfattning av detta stora projekt. Vid Fusion Expo tar filmen, när den ses genom polariserade glasögon, publiken med på en spektakulär 3D-virtual reality resa. Den version som distribueras här är i 2D och kräver inga speciella glasögon

Filmen har producerats av Centre de Recherches en Physique des Plasmas, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (CH) med finansiellt stöd från the Directorate General for Research of the European Commission. Filmen har skapats numeriskt av Digital Studios SA (Paris - F) baserat på datorstödd design av ITER-maskinen.





8th ENERGY FILM
FESTIVAL
LAUSANNE 2001

Grand Prix
du Festival



Scénario:
Lionel Lantier, Paris, France

Réalisateur:

Producteur:

Co-producteur:

Co-sponsors:

The Steamers

Lionel Lantier, Paris, France

Paris - Jean-Pierre Luchini, Suisse
et Andrew Roth, Paris, France

Association Europe-Continentales Suisses,
(2001-2002), Lausanne, Suisse



I sitt beslut om Euratom Specific Programme uttryckte Ministerrådet:

'Fusionsenergi skulle kunna bidra till utsläppsfri storskalig produktion av elektrisk baskraft under den senare hälften av århundradet. Framstegen inom fusionsenergiforskningen motiverar en fortsatt kraftig satsning med ett fusionskraftverk som långsiktigt mål.'

Denna skrift beskriver fusionsenergiforskning och hur den är samordnad och organiserad i Europa. Nästa generation fusionsexperiment, ITER, borde ge möjlighet för fusion att under den senare hälften av 20-hundratalet ge ett betydande bidrag till världens energiförsörjning

Informationen i denna skrift har ställts samman från forskningsaktiviteter inom det europeiska fusionsprogrammet.



Publikationsbyrån

Publications.eu.int

