

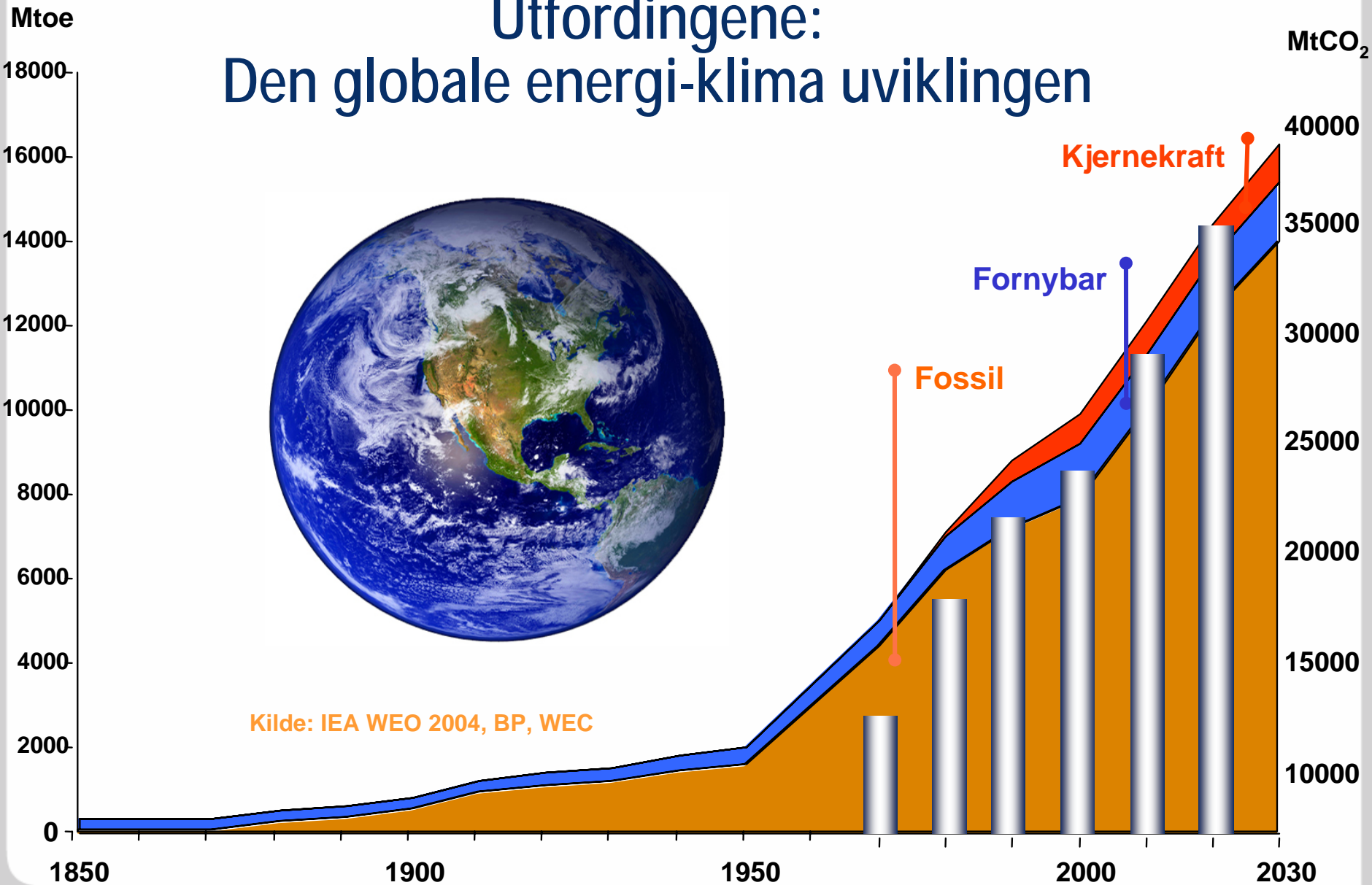
# Hvor bør Norge satse i energiforskningen?

**Kjell Bendiksen**  
**Institutt for energiteknikk (IFE)**

- **Utgangspunkt**
  - De globale energi-klima utfordringene
  - FNs Klimapanelts siste rapport
  - Nasjonale behov (Energi 21)
- **Kriterier for valg av satsinger**
- **Fremtidens energisystemer**
- **Hvor bør vi satse?**
- **Konklusjoner**



# Utfordringene: Den globale energi-klima utviklingen



Kilde: IEA WEO 2004, BP, WEC

# Tematiske satsinger i norsk energiforskning

- **Tematiske satsinger på energiforskning må baseres på**
  - En nasjonal energistrategi (Energi 21): **Mangler**
  - En klar målsetning: **Mangler**  
IFE: Forskningen skal bidra til en omlegging av verdens energiforsyning mot energikilder/-bærere som ikke *produserer* klimagasser
  - Bred grunnleggende kompetanse, infrastruktur og nasjonale fagnettverk - *ikke* skippertak
  - Klare, åpne kriterier for prioritering og valg av satsingsområder
- **Må være åpne for "Helt uforutsette teknologier"**
- **Tematiske satsinger på energiforskning bør ha en 10-15års horisont og være på minimum 500 mill.kr hver**

Hvilke områder bør vi prioritere i energiforskningen?

## Faglige kriterier for valg av satsingsområder

- 1** Er teknologispranget ved suksess stort nok?
- 2** Har norske fagmiljøer tilstrekkelig høyt kompetansenivå og eksperimentell infrastruktur på området?
- 3** Deltar norske fagmiljøer i internasjonalt forsknings-samarbeid på området?
- 4** Er norske fagmiljøer internasjonalt konkurransedyktige på området?
- 5** Fins det en aktiv norsk leverandørindustri?
- 6** Er satsingen i tråd med norsk energistrategi?
- 7** Kreves det betydelige investeringer og fins det en troverdig finansiering (Eks. norsk Thoriumreaktor)?

Hvilke områder bør vi prioritere i energiforskningen?

## Kriterier for satsing på "nye" energikilder/-bærere

- 1** Skal ikke slippe ut klimagasser eller være klimanøytrale
- 2** Bør ha potensial for å dekke en vesentlig del av verdens energiforsyning om 20-30år (betydelig ressursgrunnlag)
- 3** Har eller *kan få* en akseptabel – konkurransedyktig pris
- 4** Har ikke for stort ressursforbruk ved utbygging (pr. kWh) eller for stort krav til reservekapasitet (vinningen opp i spinningen)
- 5** Skal tilfredsstillende strenge HMS-krav

De ulike energikildene/-bærernes potensial må veies på samme vekt og velges ut fra best på flest kriterier

# Kun tre mulige typer storskala energikilder i fremtiden: Fornybare, kjernekraft og kullkraft med CO<sub>2</sub>-håndtering



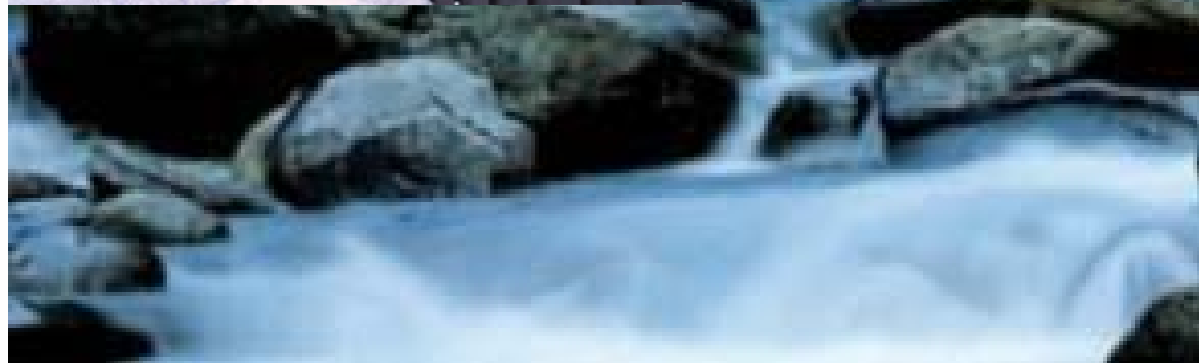
IFEs ambisjon: Å skape ny teknologi for en bærekraftig energiforsyning som ikke slipper ut CO<sub>2</sub>

Gass- eller kullkraft med CO<sub>2</sub>-håndtering



# "Nye" fornybare energikilder

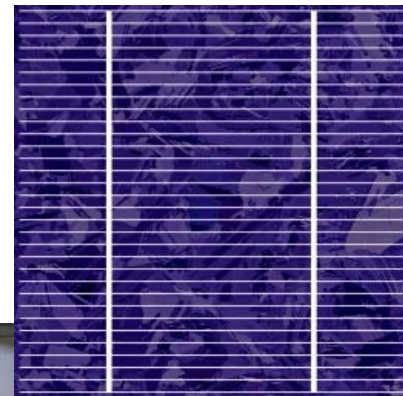
- Det naturlige svar på klimautfordringene
- Energiformer
  - Vannkraft;  
Småkraftverk
  - **Solenergi**
  - Vindkraft
  - **Bioenergi**
  - Bølgekraft
  - **Geotermisk**
  - Tidevann
  - Saltvanns-  
gradienter
- **Hydrogen, bio og  
batterier som  
energibærere**



# Solenergi

## Ubegrenset potensial overalt, men kostbar

- Soloppvarming
  - Passiv oppvarming (3-4TWh; 10-15% av norske behov)
  - Aktive solvarmeanlegg (30% av behovet i boliger)
- Elektrisitetsproduksjon fra solceller
  - Ca 100,000 anlegg i Norge (2000 fyrlykter)
  - 40% markedsvekst de siste 5 år
  - Ca 1800 MW produksjonskapasitet i 2006



## Utfordringer

- Betydelig vekst avhengig av kraftig prisreduksjon og økt virkningsgrad
- Ressursforbruk

## Spekulative teknologier


- Carlo Rubbias "Saharakonsept"
- Prof. Smalley's 100x100km<sup>2</sup> solcelle-anlegg (20TW netto) (3,3TW i hver verdensdel)



IFEs Solcellelab



# Kull-/ gasskraft med CO<sub>2</sub> håndtering?



Tennessee Valley  
Coal power plant

**Mål: Å demonstrere internasjonalt *konkurransedyktige* teknologier i løpet av 10-15 år**

# Hvor bør Norge satse i FoU på CO2-håndtering?

Mål: Utvikling & demonstrasjon av **ny** CO2-teknologi som kan bli internasjonalt konkurransedyktig

## 1 Deponering

- Satse videre på *fullskala* undersjøisk CO2-deponering (Sleipner, Snøhvit)
- Verifisere sikkerhet og stabilitet ved storskala geologisk deponering av CO2 og etablere legale retningslinjer for dette
- Utvikle helt nye CO2-deponeringskonsepter (Binding i mineraler)

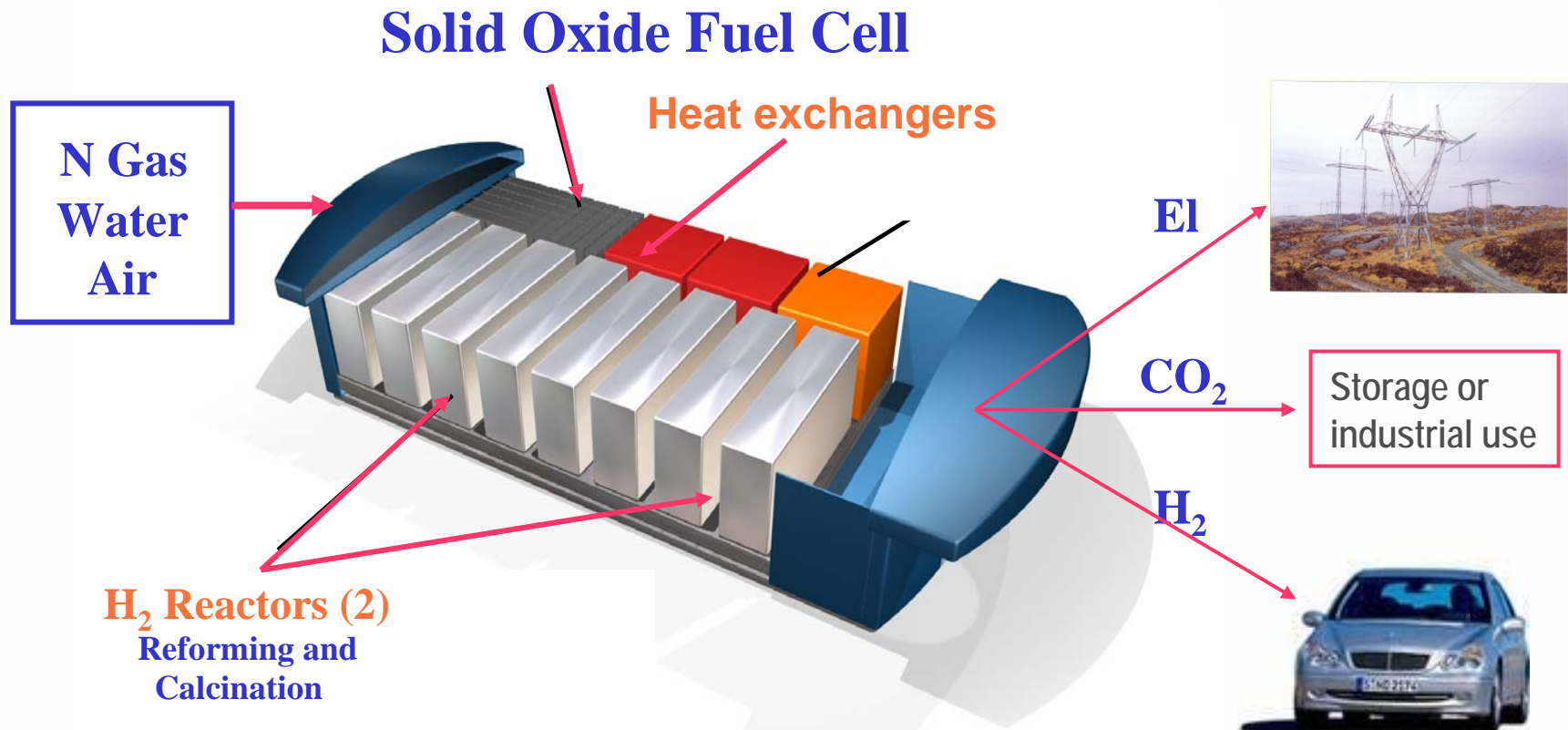
## 2 Rensing/ innfangning av CO2

- Utvikle helt nye rensekonsepter (F. eks. ZEG), men **Ikke-konvensjonelle piloter meget vanskelige å finansiere!**
- Bygge **flere typer** demoanlegg (30-100MW)

## 3 Etablere Mongstad som Norges Apollo-prosjekt på CO2

# Helt nye teknologier

## IFEs Zero Emission Gas Energy Station (ZEG)



# Helt nye teknologier

## Kullkraft med CO<sub>2</sub>-håndtering: FutureGen (USA)

- Samtidig produksjon av elektrisitet og hydrogen
- President Bush' initiativ 27.2.2003 - 10 års tidshorisont
- 275 MW Demo prosjekt
- Budsjett: 1(1,4) mrd. US\$
- Byggested ikke valgt  
(Shortlist med 4 kandidater)
- Detalj-engineering ut 2007
- I drift i 2012



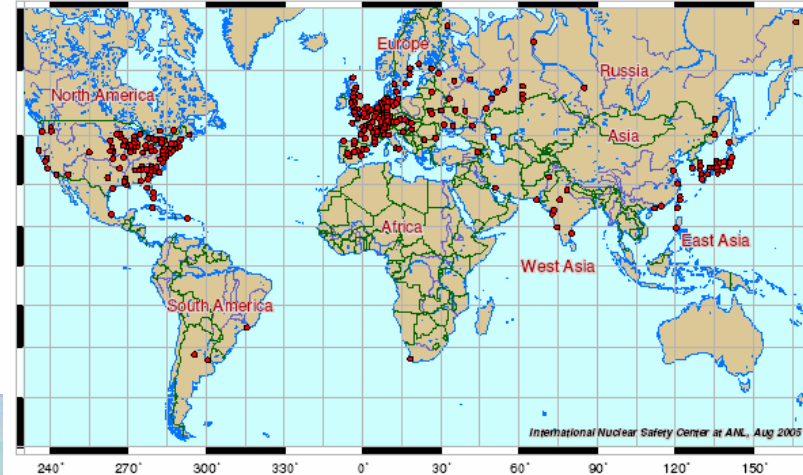
Bilde: US DOE

# Er kjernekraft et alternativ?

## Hovedutfordringer og forskningsbehov

- Sikkerhet – risiko for større ulykker
- Deponering av høyaktivt avfall
- Fysisk sikring mot terrorisme og Safeguards
- Ny teknologi

## Får kjernekraften en renessanse?

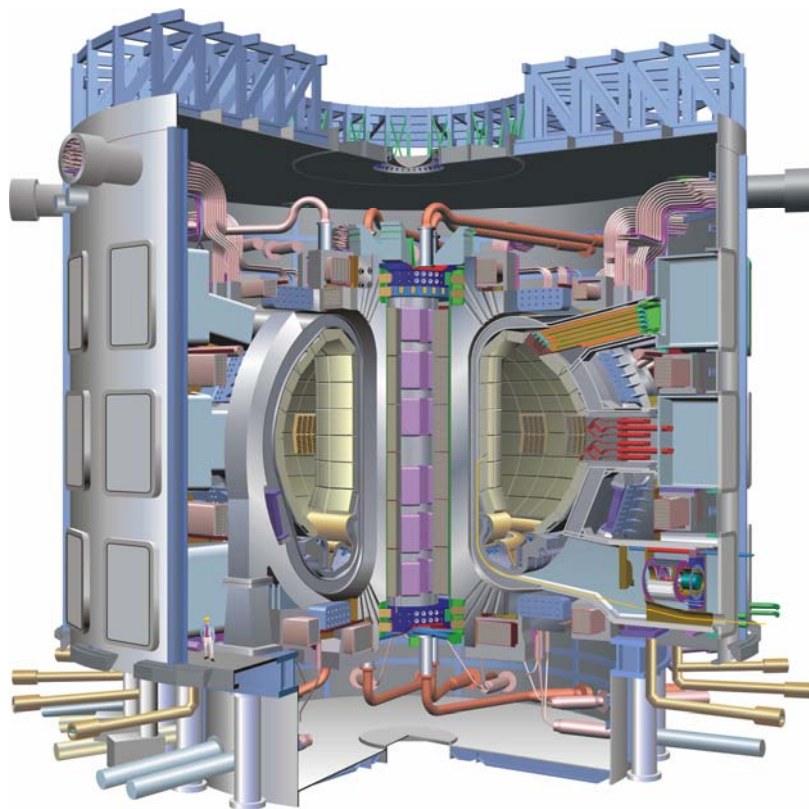


## Status (2005)

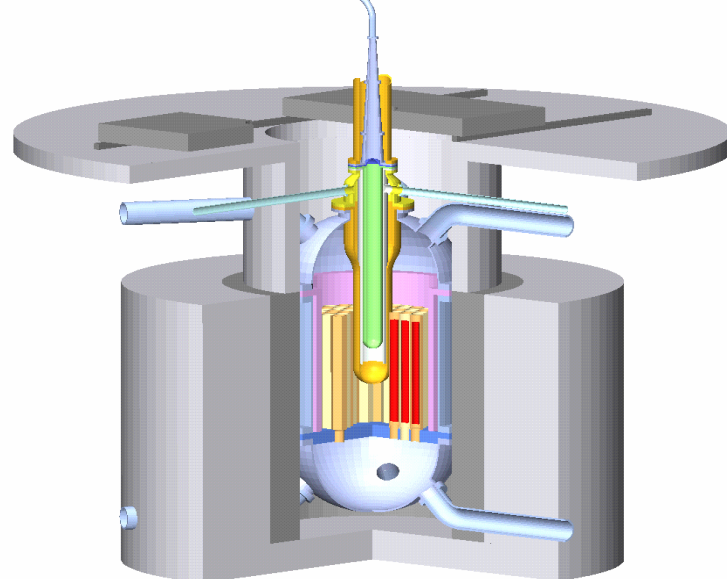
- 440 reaktorer i drift i 31 land
- Bidrar med 16% av verdens kraftforsyning
- 1/3 i EU; 78% i Frankrike, 50%+ i Sverige



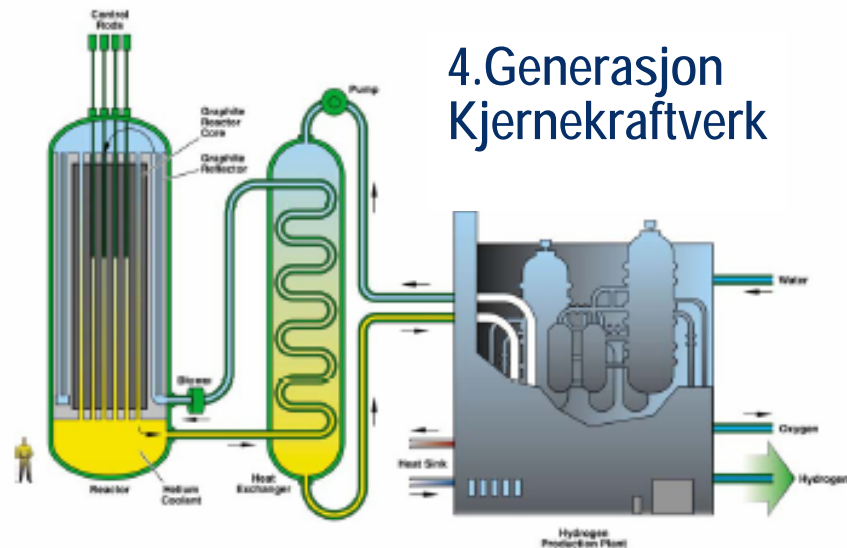
# Kjernekraft: Helt nye teknologier



Fusjon (ITER-prosjektet)



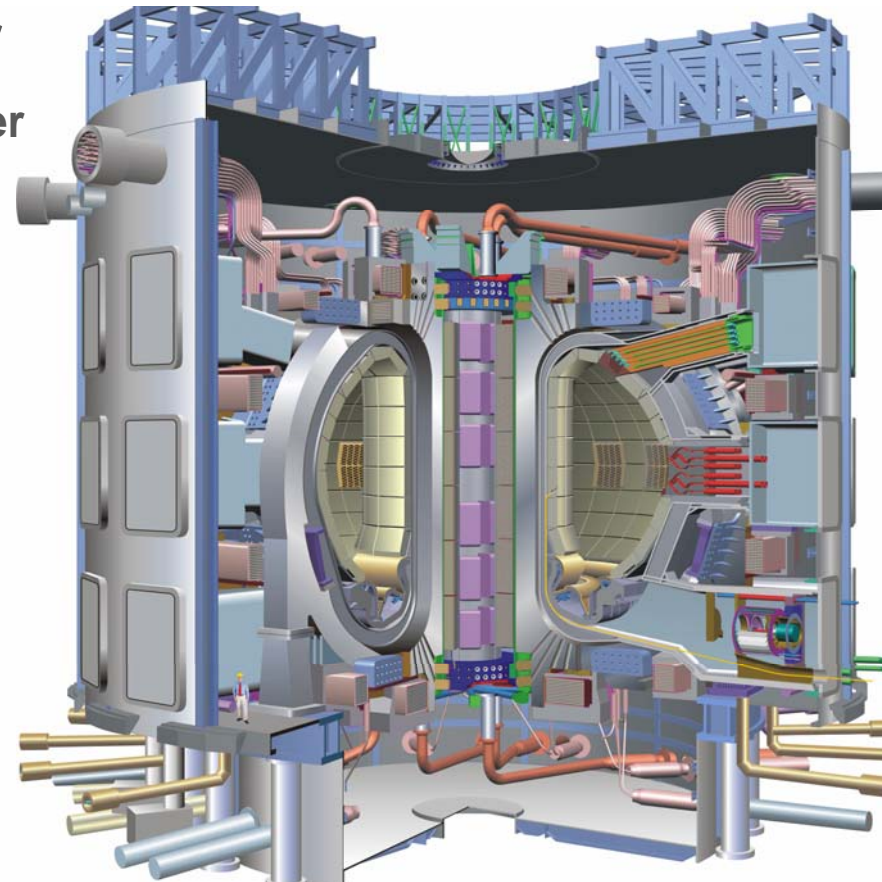
Akseleratordrevne systemer (Thorium)



4. Generasjon Kjernekraftverk

# Fusjon (ITER-prosjektet)

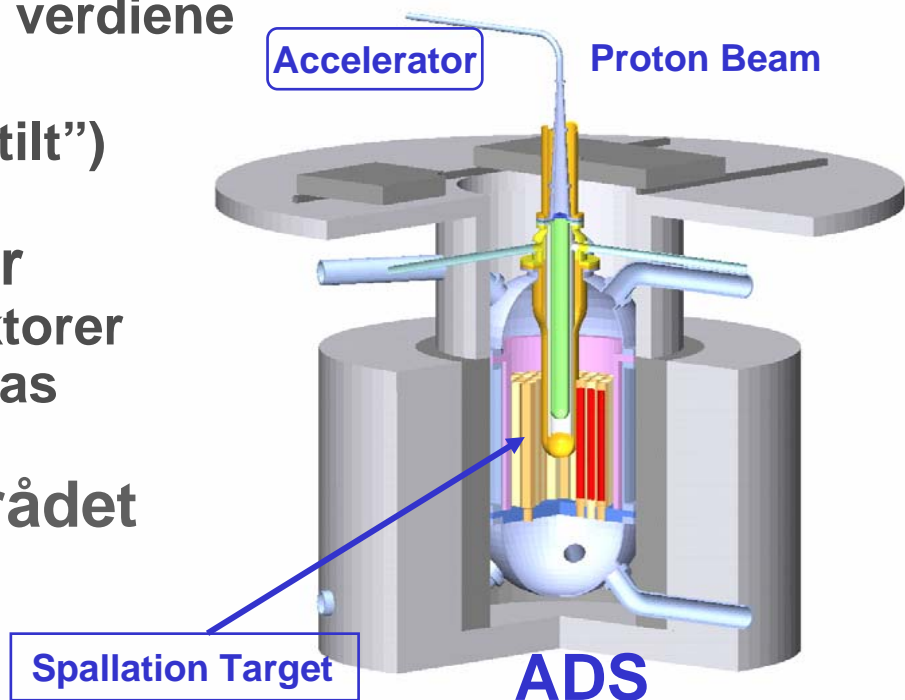
- **Ren kjernekraft i titusener av år**
  - 10g D2 (fra 500l sjøvann) og 15g T dekker livsenergiehøvet for typisk OECD-person
- **ITER-avtale inngått i juni 2005**
  - Demoreaktor på 500MW i Cadarache (F)
  - Mål: Demonstrere vitenskapelig og teknologisk grunnlag for fusjonskraft
  - Byggekostnader: 5mrd.€ over 10 år
  - Driftskostnader: 5 mrd.€ over 20 år
  - Driftstart i 2017
  - Samarbeid mellom EU, Kina, USA, India, Japan, S-Korea og Russland - **ikke Norge**
- **Teknologiske utfordringer**
  - Produsere mer energi enn den bruker
  - Teste nøkkelteknologier for fusjonskraftverk
  - Økonomisk konkurransedyktig - når?



**ITER Tokamak Design**

# Thoriumbaserte reaktorer?

- Billig uran forventes ta slutt om 50 års tid (uten bredere)
- Påviste thoriumressurser for tusenvis av år
  - Norge har verdens tredje største forekomster (Ca 170,000tonn)  
Angivelig verdt 1000 ganger oljefondet
  - Ny type “Rubbia-reaktor” hevdes å kunne løse energi-klima problemene og realisere disse verdiene
- **Utfordringer**
  - Thorium er ikke spaltbart (“fertilt”)
  - Ny brensesyklus må etableres
- **Thoriumbaserte reaktortyper**
  - 1 “Konvensjonelle” thoriumreaktorer
  - 2 ADS: Norsk prototyp av Rubbias Energy Amplifier?
- **Skal utredes av Forskningsrådet (i løpet av 2007)**






# Hva bør Norge satse på i energiforskningen?

- 1 Økt energieffektivitet globalt: *Storskala* innfasing av BTT i U-land
- 2 Ny effektiv solenergi (som global teknologi leverandør)
- 3 Ny CO<sub>2</sub>-teknologi som kan bli internasjonalt konkurransedyktig (om 10-20år)
- 4 Delta i global satsing på nye kjernekraftkonsepter (Gen IV, ITER, Thorium?)
- 5 Nye energibærere som ikke produserer klimagasser (hydrogen, batterier) eller er klimanøytrale (biodrivstoff)
- 6 "De uforutsette teknologier" (tillate og legge til rette for)
- 7 Langsiktig mål: Å skape en bærekraftig energiforsyning basert på energikilder/–bærere som ikke *produserer* CO<sub>2</sub>

**Ressursene må økes til 5 samtidige satsinger (0,5-1md.kr/år)**  
NFRs opptrappingsplan på 200MNOK i 2008 er en meget god start hvis den følges opp av regjering og Storting!



Bare nye tankemåter  
og ny teknologi kan  
løse energi-klima  
utfordringene!

Takk for  
oppmerksomheten!