

Forskningsdagene 2007 ved HiT - 26.9.2007:

Kjernekraft basert på Thorium



Siv.ing.

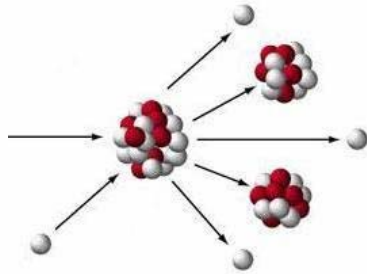
Knut K.F. Eitrheim

Strålevern, OECD Halden Reactor Project,

Institutt for Energiteknikk (IFE)



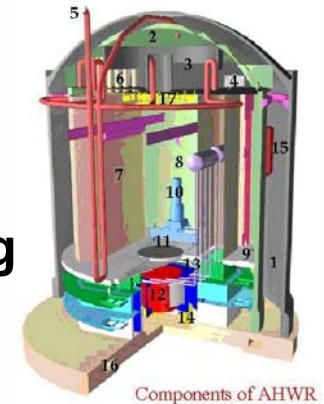
Vi skal se på



Prinsippet:

- Uran - kjedereaksjon
- Thorium - konvertering

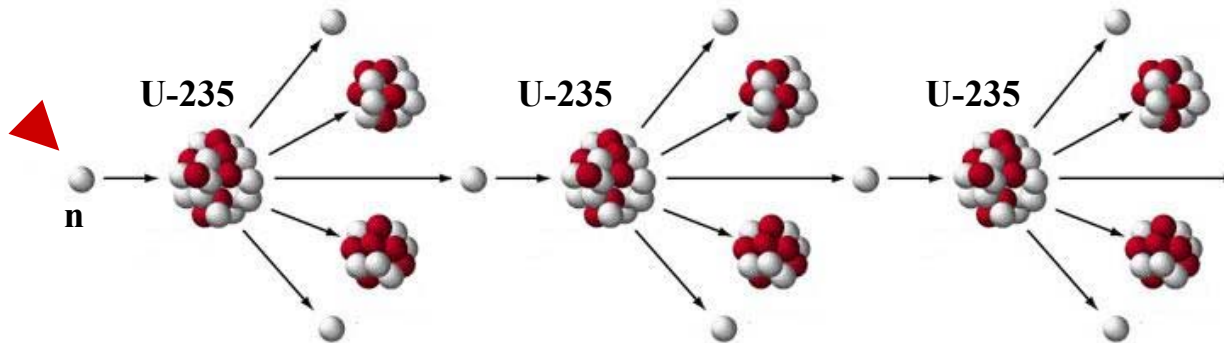
**Thorium:
Konsepter under utvikling**



Utfordringene for dagens Uranbaserte energiindustri - kan Thorium være løsningen?

Tradisjonell kjernekraft spalter Uran-235 i en kjedereaksjon

Energi og nøytroner blir frigjort i hver spalting

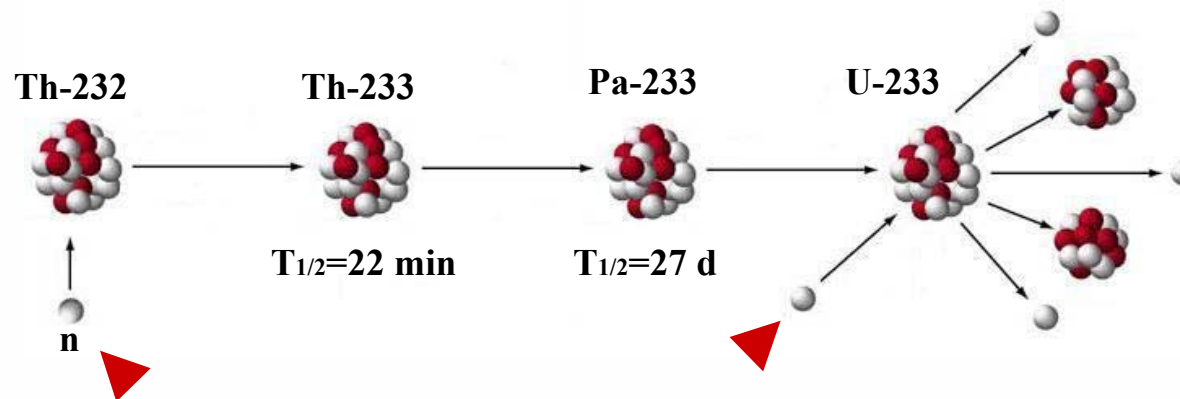


$K > 1$

Reaksjonen må kontrolleres!

Plutonium er et viktig biprodukt

Thorium må først omdannes til Uran-233



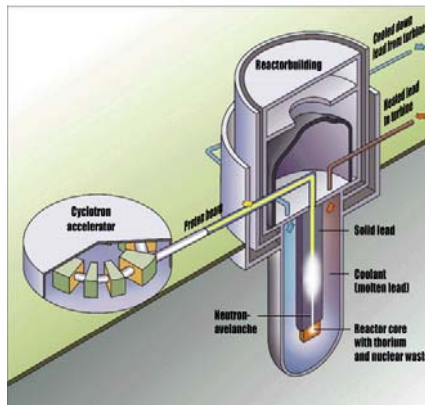
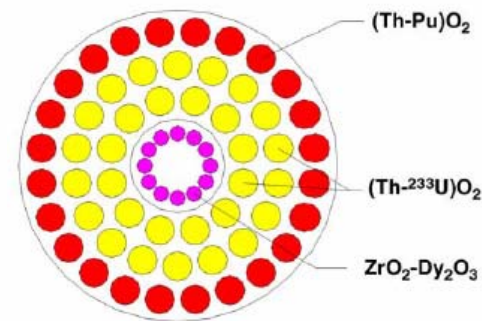
$K < 1$

Underskudd av nøytroner - må få tilført ekstra!

Thorium: to utviklingsveier

Reaktorer med ekstra nøytroner fra fisjon av Uran/Plutonium:

- Thorium for dagens reaktorteknologi
- Fremtidige konsepter på tegnebrettet



Reaktor med ekstra nøytroner fra akselerator:

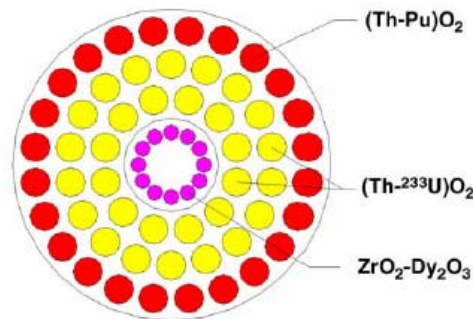
- Også kjent som Energy Amplifier (EA), Accelerator Driven System (ADS) eller Rubbia-reaktor

Thorium for dagens reaktorer

Thorium Power (USA) og Thor Energi AS (Norge) planlegger brensel basert på thorium for bruk i eksisterende reaktorer

Nøytroner fra fisjon av Uran-235 eller Plutonium

- Blandes direkte
- Adskilte staver

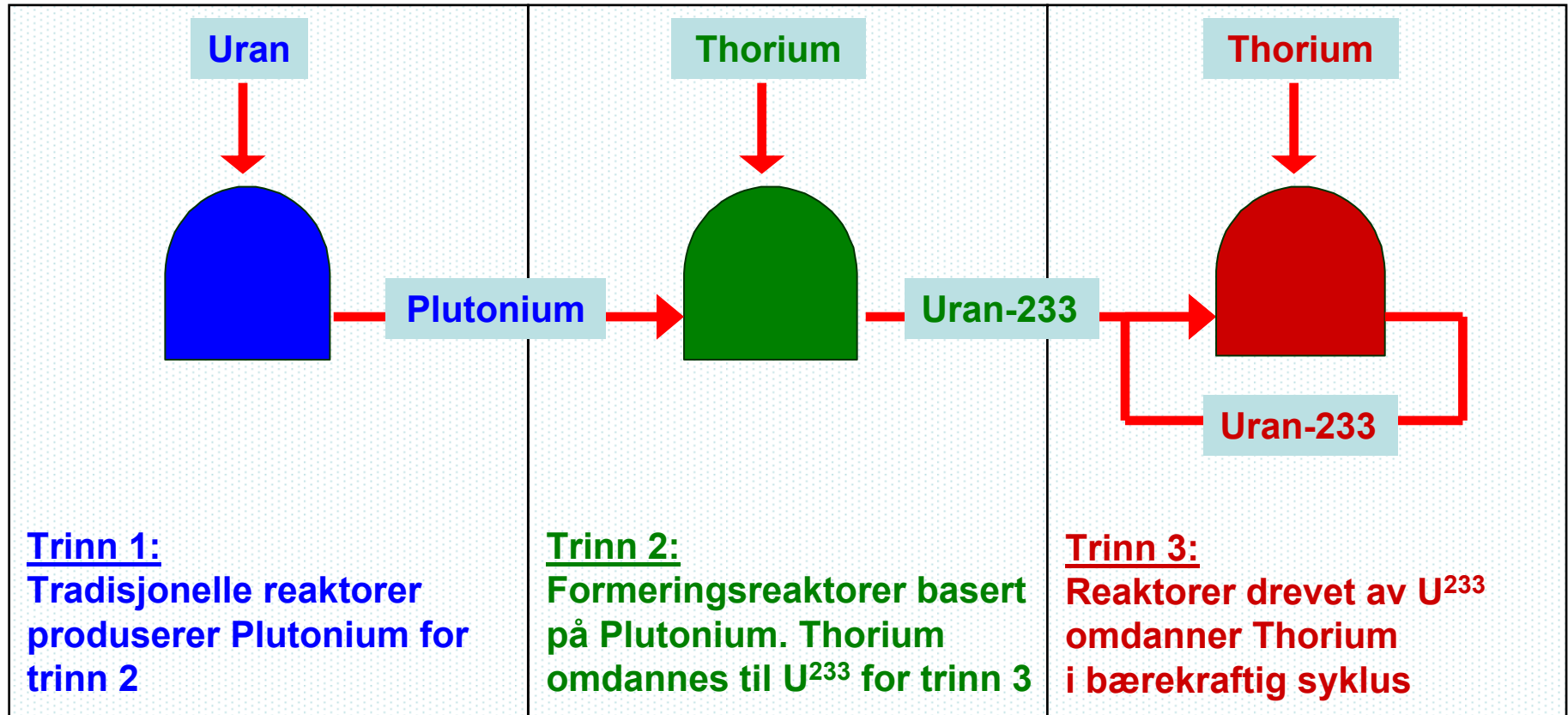


Teknologisk sett enkel og rimelig utvikling

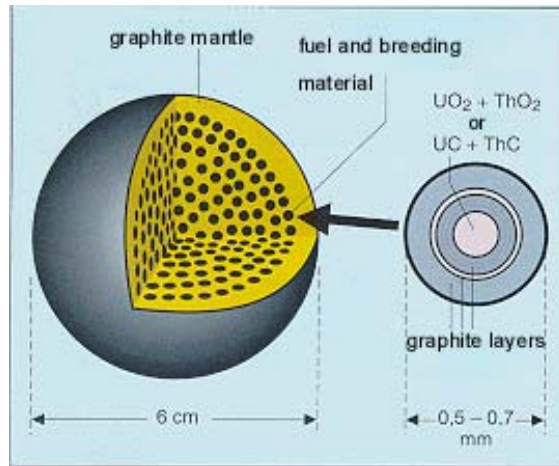
- Energiproduksjon realistisk innen 15-20 år

India: Eget program for kjernekraft

Tre utviklingstrinn; fra Uran til Thorium



Thorium og Uran i fremtidig konsept



High Temperature Gas cooled Reactor (HTGR)

- Høy energiutnyttelsesgrad
- Kan bruke kun Uranbrensel, men Thorium-Uran brensel er trolig mer kostnadseffektivt
- HTGR ble utprøvd i Tyskland på 80 tallet

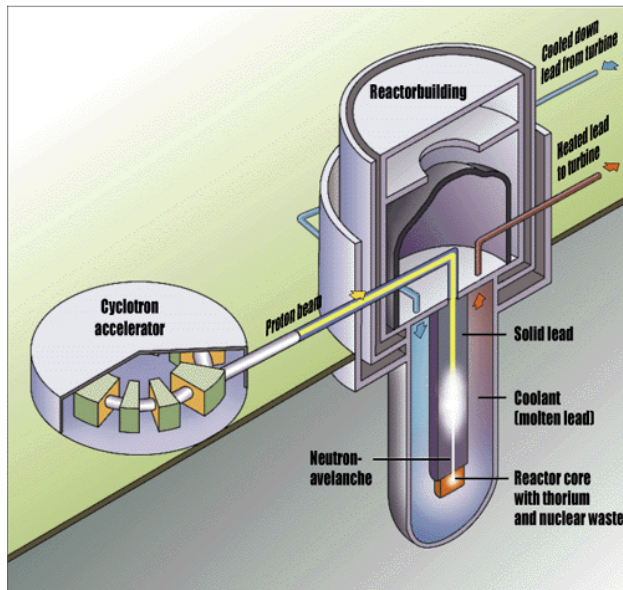
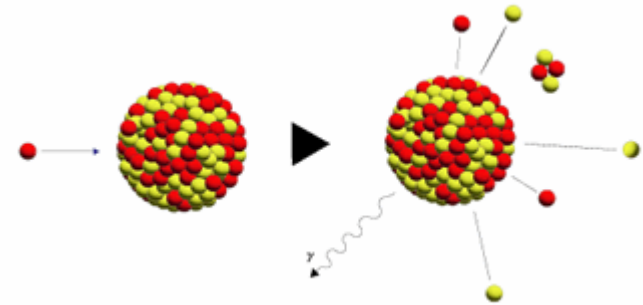
Er ett av flere alternativ for Generasjon 4

- Internasjonalt samarbeid mot 2040

Akseleratordrevet thoriumreaktor

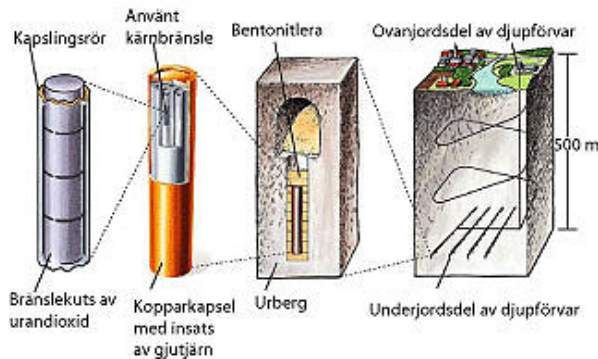
Thoriumreaktor styrt av eksterne nøytroner

1. Akselerator bombarderer bly med protoner
2. Protonene løsriver nøytroner fra blykjernene
3. Nøytronene omdanner Thorium til Uran-233



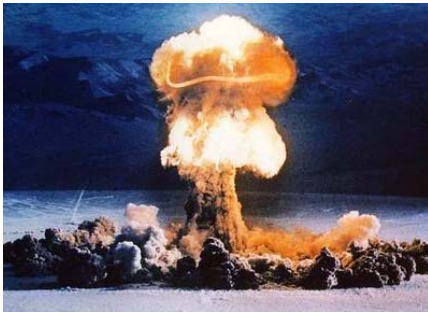
- **Energifaktor: 120** (1500/12.5)
- **Flytende bly som både nøytronkilde og kjølemedium**
- **Pilotanlegg etter 15-20 år**
Produksjon etter 30-50 år

Kjernekraftindustriens utfordringer - kan Thorium være løsningen?



**Langtidsdeponering av
brenselavfall**

**Potensial for
alvorlige uhell**



Spredning av atomvåpen

Thoriumreaktor gir mindre avfall for langvarig deponering

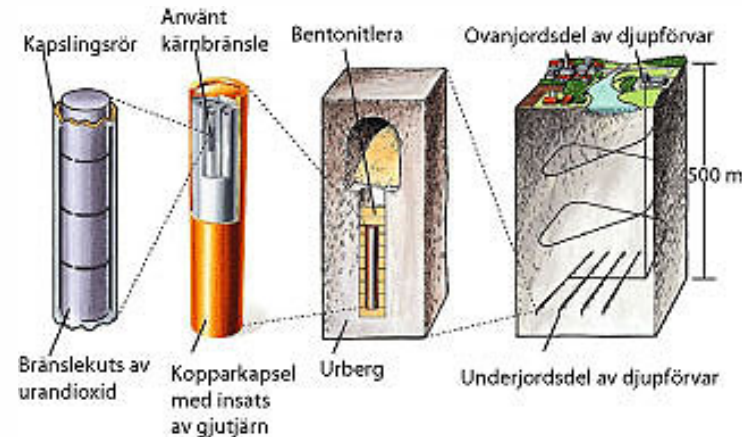
To kategorier avfallsprodukter i brenselet etter bruk:

1. Fisjonsprodukter - Sluttproduktene etter kjernespaltinger

- Thorium og Uran gir lik mengde fisjonsprodukter

2. Aktinider - Innfangning av nøytroner

- Uran gir betydelig mer transuraner enn Thorium



Potensial for alvorlige uhell - aktuelt også for Thoriumreaktorer

1. Superkritikalitet – $K > 1$ (Tsjernobyl)

- Thorium-Uran reaktorer kan løpe løpsk
- ADS kan i prinsippet ikke løpe løpsk - $K < 1$

2. Tap av kjøling

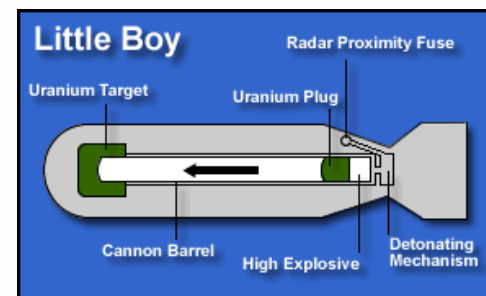
- Tap av kjøling er et like aktuelt scenario for thoriumreaktorer



Det er fullt mulig å lage atomvåpen med thoriumreaktor

Thoriumreaktor: Kompetanse og Uran-233

- Uran-233: Egnert til den enkleste type bombe
- Tekniske vanskeligheter er overkommelige:
Uran-232 – Håndtering og holdbarhet



Akseleratordrevet thoriumreaktor (ADS)

- Kan produsere Plutonium ved å bytte Thorium med naturlig Uran!

Mer krevende å lage atomvåpen med utgangspunkt i Thorium

- Uran-233: Krever Thoriumreaktor og reprosessering
- Uran-235: Krever bare anrikning

Konklusjon:

Thorium er trolig ingen erstatning for Uran de neste 50 år...

Tung energiindustri bygget opp rundt Uran

- Rimelig uran tilgjengelig for de neste 80-100 år

Utvikling av thoriumreaktorer krever et teknologisk og økonomisk løft



...men reaktorer basert på både Thorium og Uran vil komme

**Thorium kan bli en strategisk viktig energiresurs
for land som India og Norge**

- Energiuavhengighet
- Ny energiindustri

Thorium kan bli konkurransedyktig

- Mer krevende å lage atomvåpen
- Mindre avfall med lang deponeringstid
- India har insentiv og marked for å etablere teknologien

Takk for oppmerksomheten!

