

Uranium: Met nieuwe reactoren honderd keer meer energie

9-3-2010

J.L. Kloosterman
TU-Delft

Greenpeace

- **Aardwarmte**

Geothermische energie of aardwarmte maakt gebruik van warmte in de aardkorst of binnenin de aarde. De technologie is niet overal toepasbaar, maar IJsland voorziet zo in 30% van zijn warmte. Aardwarmte is in Nederland nu nog duur maar schoon en betrouwbaar. Geothermische centrales leveren vrijwel continue energie.

50%

kernenergie



Hoeveel energie uit 1 gram Uranium?

Benzine



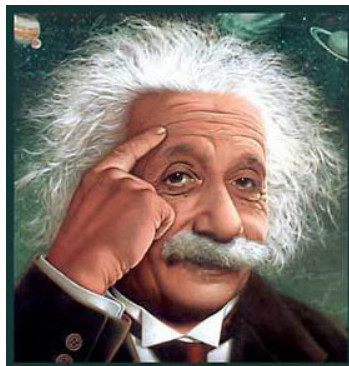
2500 liter

Steenkool

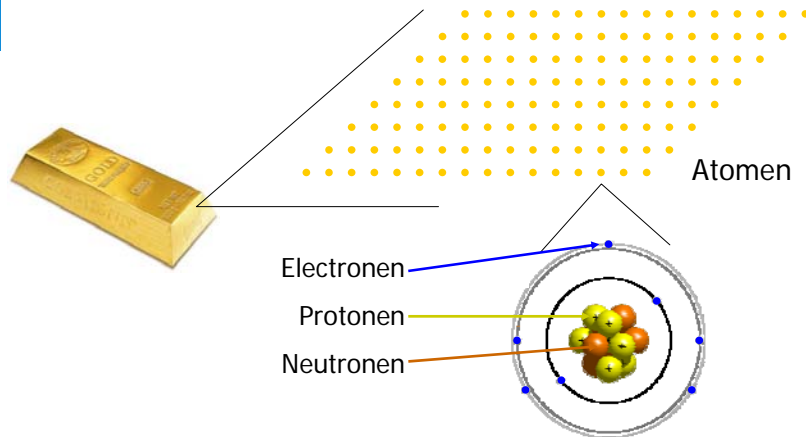
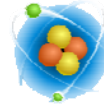


3000 kg

Fysica van kernsplijting



Opbouw van materie



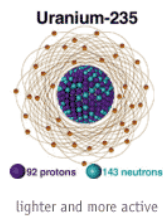
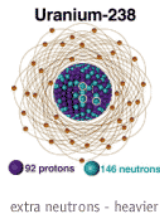
Uranium

- Een uraniumkern bevat 92 protonen
- Uranium is het zwaarste element dat in de natuur voorkomt
- Uranium is veel zwaarder dan lood (19 g/cm^3)

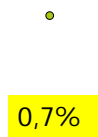
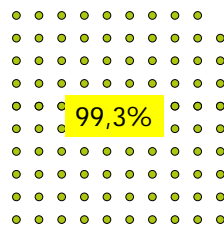


Uraniumisotopen

Moeilijk
splitsbaar

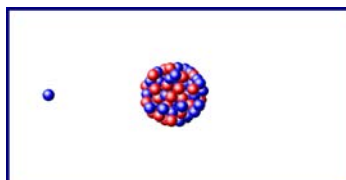


Makkelijk
splitsbaar

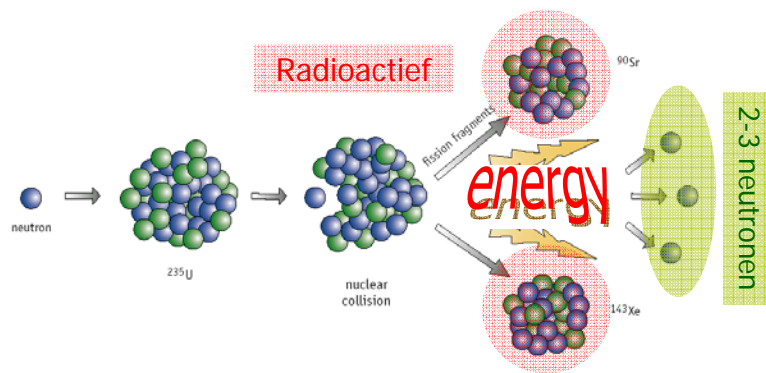


Kernsplijting

- Uraniumkernen zijn zo zwaar, dat ze vanzelf vervallen of in twee brokstukken splitsen. Vooral U-235 is instabiel.
- kernsplijting gaat nog makkelijker als ze worden geraakt door een "kogel". De beste kogel is een neutron.



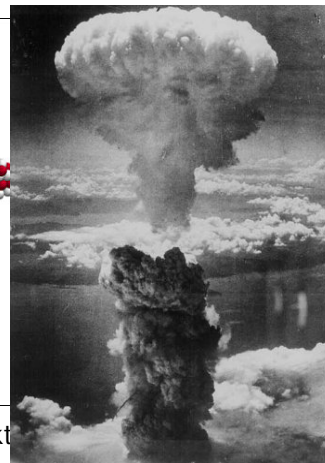
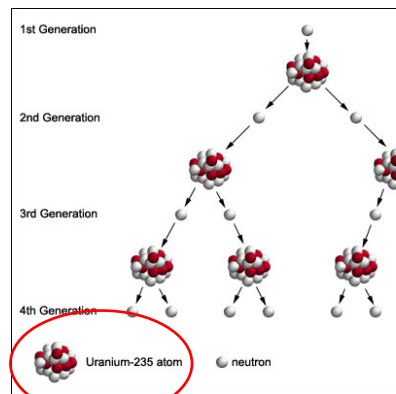
Kernsplijting



Honderden verschillende splijtingsproducten waarvan de meeste radioactief zijn

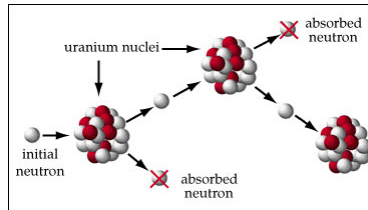
Ongecontroleerde kettingreactie

Werkt alleen met puur uranium-235



Als elke neutron een splijting veroorzaakt tijd heel veel energie → atoombom

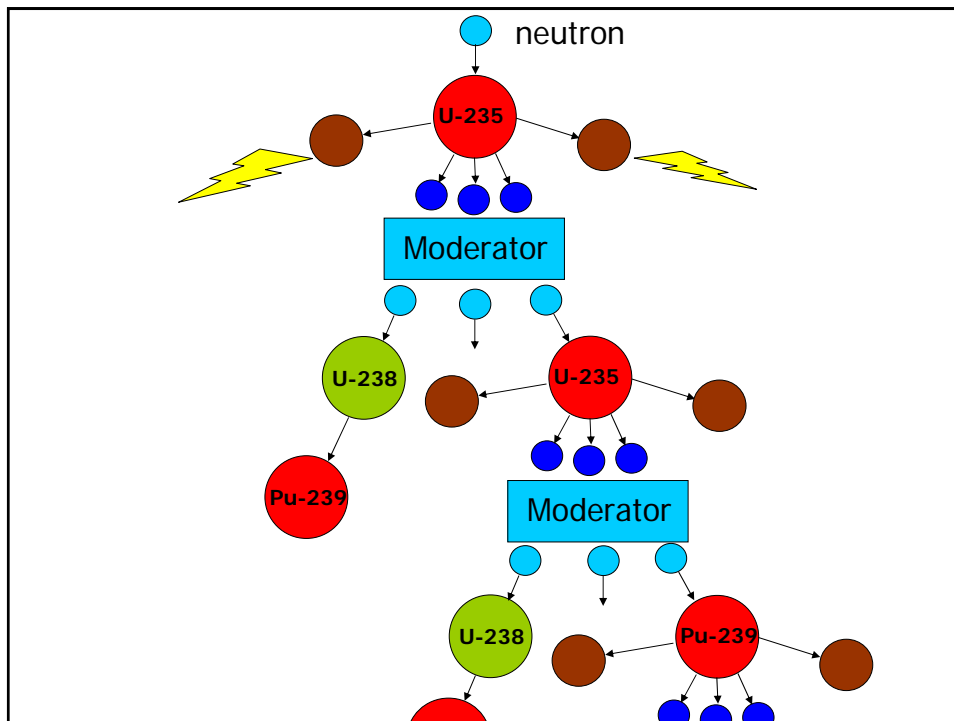
Gecontroleerde kettingreactie



Een kerncentrale bevat

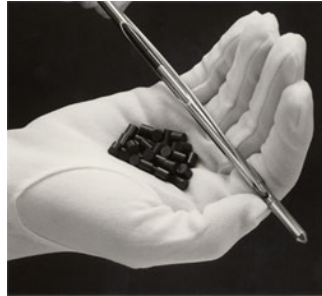
- Laagverrijkt uranium (mengsel van 4% U-235 en 96% U-238)
- Regelstaven om het overschot aan neutronen weg te vangen
- Een "moderator" (remstof) om neutronen af te remmen

Een kerncentrale kan NOOIT ontploffen als een atoomwapen



Splijstoftabletten

- Bevat 4% Uranium-235 en 96% uranium omdat het meer "goed"



Energie in splijstoftabletten

Hoeveel energie zit er in twee splijstoftabletten?

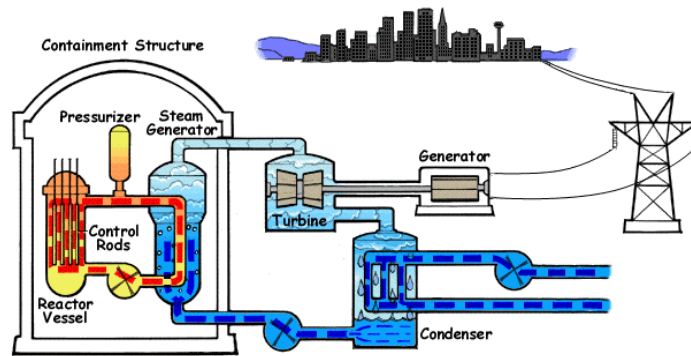


Antwoord: Ruim genoeg voor alle electriciteit die een Nederlands gezin in een jaar verbruikt

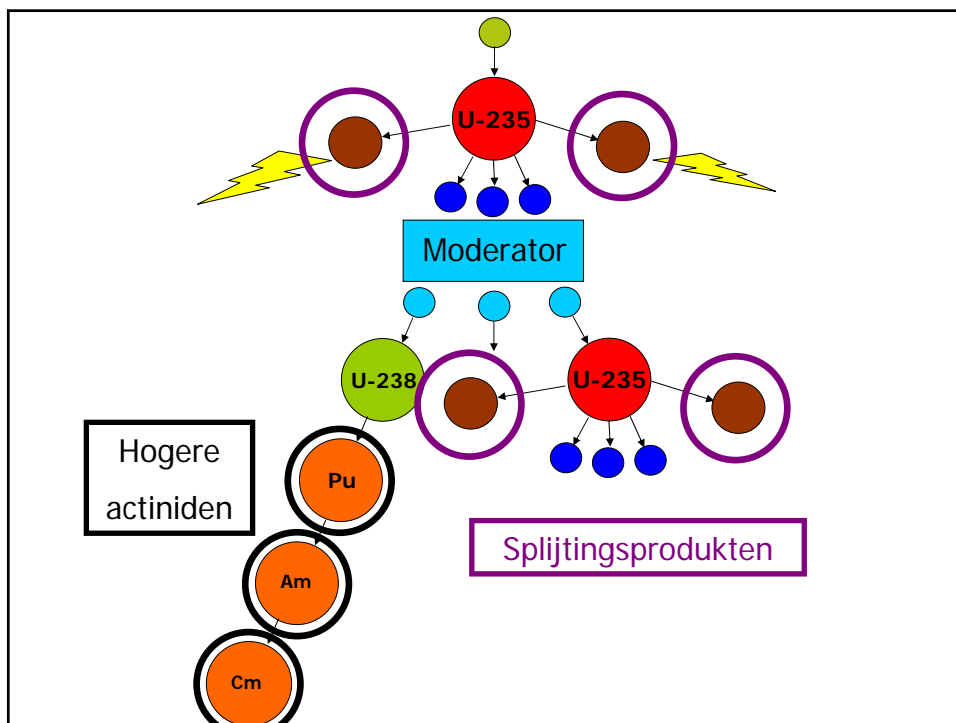
Pressurized Water Reactor



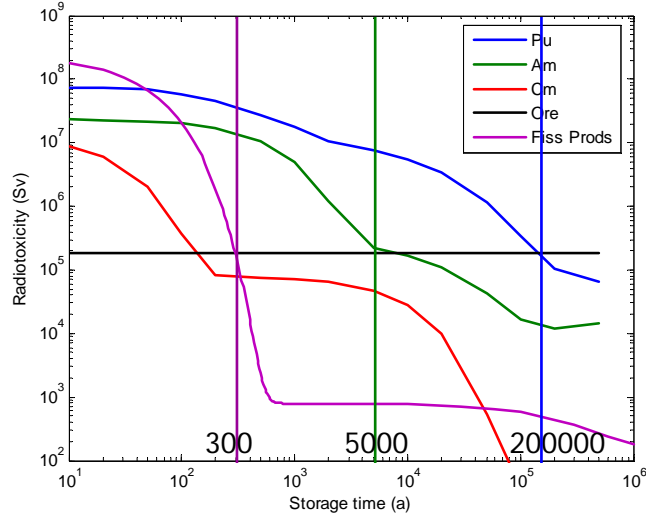
'Borssele'



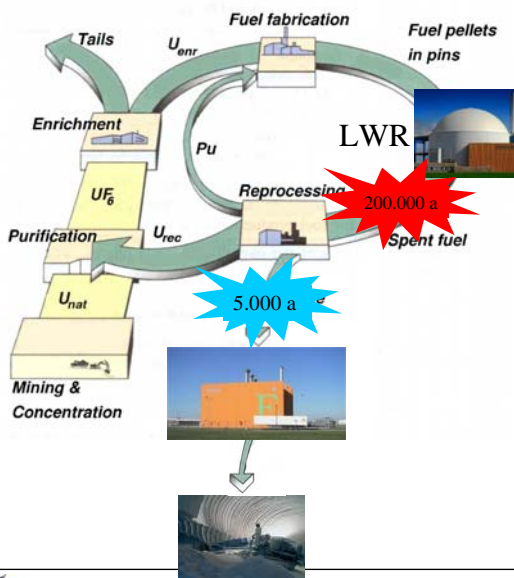
Afvalproductie in kerncentrales



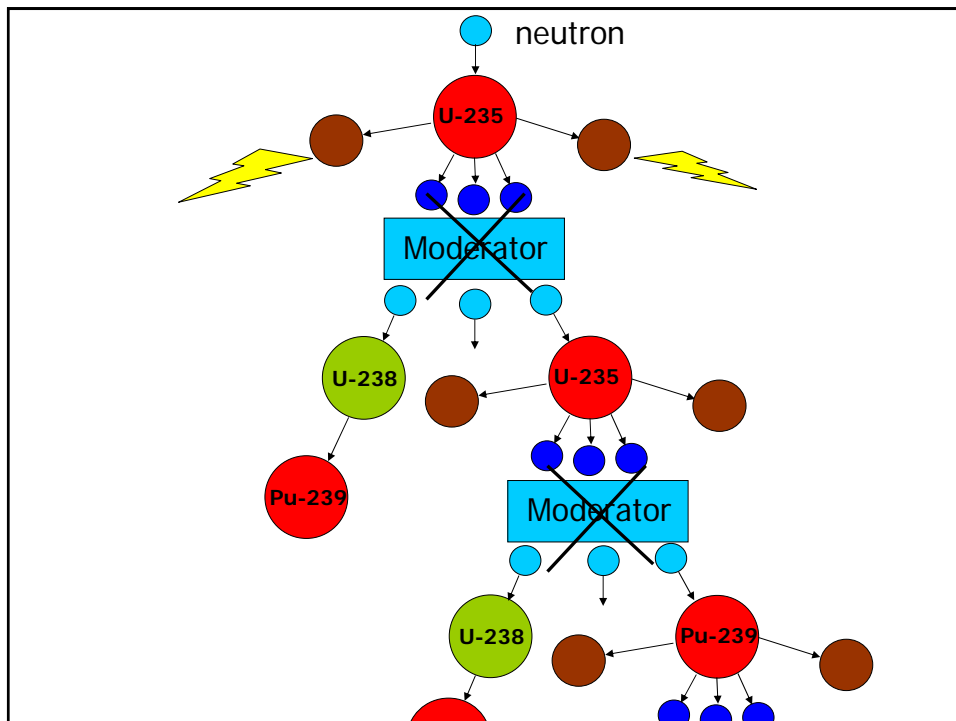
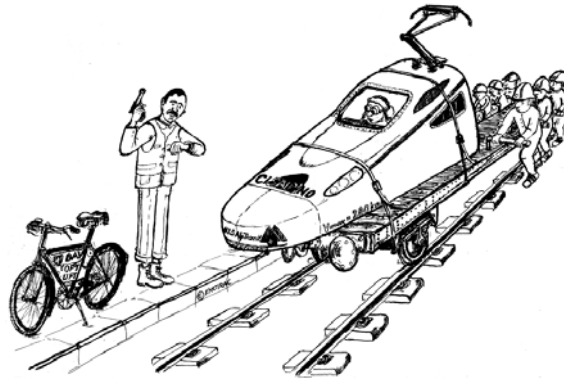
Radiotoxiciteit per element

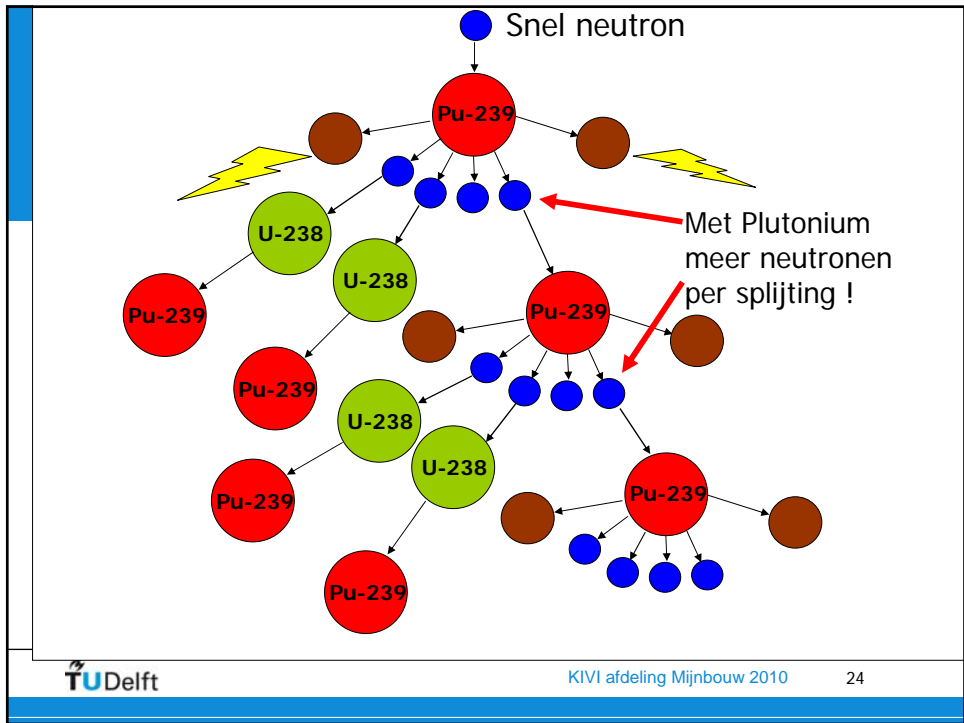
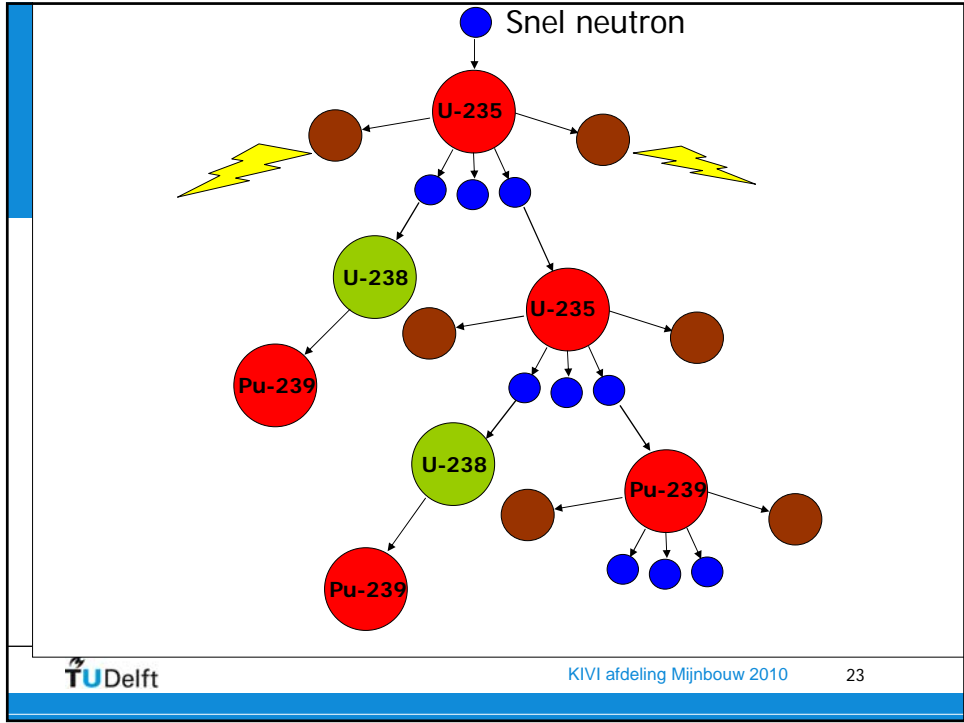


Splijstofcyclus



Snelle reactoren

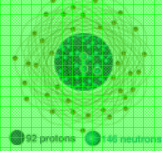




Uraniumisotopen

Moeilijk
splitsbaar

Uranium-238

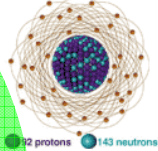


extra neutrons – heavier

Ook Bruikbaar !!

99,3%

Uranium-235



lighter and more active

Makkelijk
splitsbaar

0,7%

Snelle reactoren



Phenix (F)



Super-Phenix (F)



Monju (Jp)

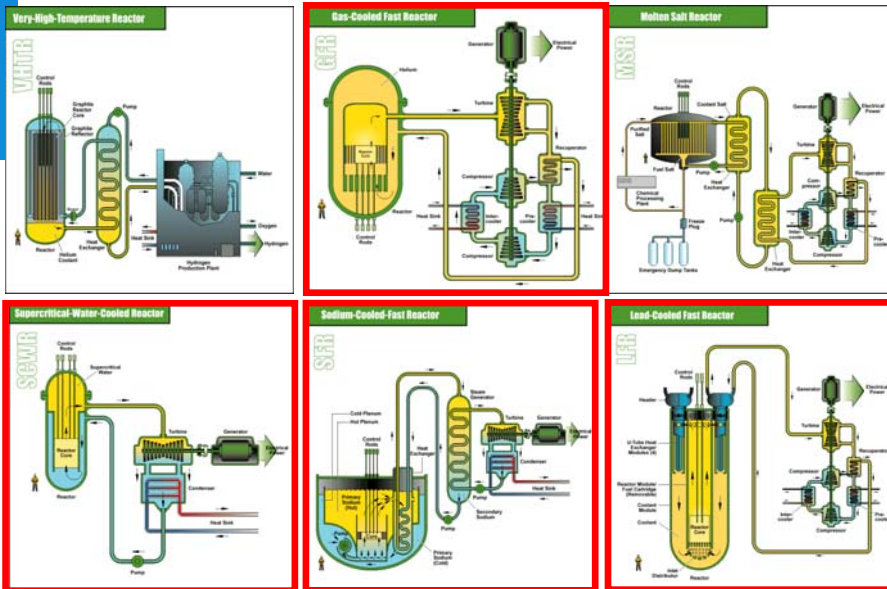


SNR-300 (D)

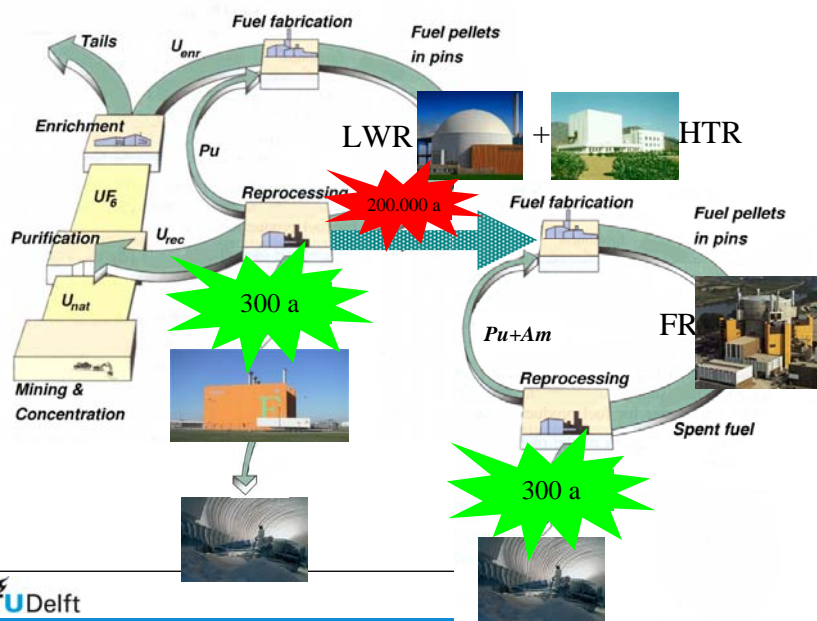
China Experimental Fast Reactor



Generation-IV reactors



Splijstofcyclus in



Conclusies

- Generation IV reactoren focussen op veiligheid en duurzaamheid
- Met snelle reactoren kan Uranium volledig worden benut
- Snelle reactoren kunnen kernafval onschadelijk maken en de benodigde opslagtijd reduceren tot minder dan 500 jaar
- Recycling van Plutonium in LWR is een goede start