

# Energia nuclear

## Com funciona l'energia nuclear

- Fissió: separació d'àtoms de U-235
  - El nucli de U-235 absorbeix un neutró en moviment lent i es trenca en dos trossos grans
  - En trencar-se deixa anar de 2 a 3 neutrons lliures que poden tornar a xocar amb un altre nucli de U-235 i provocar una reacció en cadena d'àtoms que es trenquen
  - En trencar-se, la massa dels trossos de U-235 que es formen és inferior a la massa original
  - La massa que hi manca s'allibera en forma de raigs gamma
  - Aquests raigs gamma proporcionen l'energia necessària per a generar calor en reactors nuclears, transferir energia als fluids, usar els fluids per a produir vapor en un generador de vapor, i fer servir el vapor per fer girar una turbina

## Efectes ambientals

- No es podueixen emissions de gasos d'hivernacle ni pol·lució atmosfèrica
- L'única emissió important d'una planta és vapor d'aigua
- Les altres emissions es controlen per saber quin nivell de radiactivitat tenen, abans d'amollar-les a l'atmosfera (si són segures)
- Emissions de radiactivitat d'alt nivell són accidentals i improbables

## Emmagatzematge de residus

- Problema principal: com transportar els residus nuclears i tractar-los
- Solució principal: transportar els residus de manera segura i soterrar-los fins que es trobe una solució millor
- Procés de soterrament:
  - Dil·luir els gasos en vidre per fer-los insoluble en aigua
  - Soterrar els residus vitrificats allà on no hi haja aigua (com ara mines de sal, roques)
    - Per exemple, la muntanya Yucca en Nevada, que és segura però encara no es fa servir
- L'emmagatzematge de residus és un obstacle important per a la posada en pràctica de l'energia nuclear com una font important d'energia.

# Objectiu

- Proporcionar el 12% de les necessitats d'energia dels EUA per a l'any 2100
  - 2,970 TWh dels 24,750 TWh
  - 0.338 TW dels 2.82 TW  
(capacitat de potència)

## Plantes necessàries

- Una planta bàsica té una potència màxima de 1,000 MW
- I una eficiència mitjana d'operació del 90%
- La producció mitjana d'una planta: 900 MW
- $0.338 \times 10^{12} \text{ W} / 900 \times 10^6 \text{ W}$  per planta  
**= 376 plantes**

## Terreny necessari

- 2,000 acres per planta
- 376 plantes x 2,000 acres per planta  
= 750,000 acres
- 750,000 acres x 0.001563 milles<sup>2</sup>/acre  
= **1,200 milles<sup>2</sup>**

## Costos bàsics

- Cost bàsic:
  - \$3.8 mil milions per planta
- Cost brut:
  - \$3.8 mil milions x 376 plantes = \$1.43 bilions
- Cost si suposem un interès del 7.5% en 15 anys:
  - = 1.6 factor de creixement
  - 1.6 factor de creixement x \$1.43 bilions  
= **\$2.29 bilions**

## Cost incloent la vida de la planta

- 50 anys de vida per planta
- 1.5 factor de reemplaçament  
(el petroli el carbó es van esgotant, per tant només hem de construir la meitat de les plantes, d'entrada)
  - $((188 + 376) / 376 = 1.5)$
- \$2.29 bilions x 1.5  
**= \$3.43 bilions**

## Cost incloem el desmantellament

- \$400 milions és el cost de desmantellament per planta
- 188 plantes s'han de desmantellar durant els primers 50 anys
- \$400 milions per planta x 188 plantes  
= \$75 mil milions
- \$3.43 bilions + \$75 mil milions  
**= \$3.5 bilions**

## Cost per KWh

- La producció mitjana anual per planta nuclear és 1,485 TWh en 100 anys.
  - 1,485TWh x 100 anys
    - =  $1,485 \times 10^{14}$ TWh
    - =  $1.485 \times 10^{14}$ kWh
  - $(\$3.5 \text{ bilions} \times 10^{12}) / (1.485 \times 10^{14} \text{ TWh})$   
**= \$0.024/KWh**

## Cost per KWh (continuació)

- Afegim al cost bàsic de \$0.024/KWh:
  - cost del combustible: \$0.005/kWh
  - Costos operatius i de manteniment: \$0.007/kWh
  - Costos d'administració: \$0.001/kWh
  - Impostos: \$0.003/kWh
- Subtotal: \$0.016/kWh
- Cost total: \$0.04/kWh
  - És econòmic si és per a 100 anys

## Tecnologia nuclear nova

- S'ha reconegut la necessitat de disposar de tecnologia nuclear millor
- El Departament d'energia dels EUA, i d'altres països del món han creat la guia de "Tecnologia Nuclear" per tal de facilitar la investigació i el desenvolupament de noves tecnologies nuclears
- Estem entrant en la darrera fase, l'anomenada Generació IV de la guia de "Tecnologia Nuclear"

## Missió de la Generació IV

- La missió de la I+D en tecnologia nuclear anomenada Generació IV és desenvolupar sistemes d'energia nuclear que oferisquen avantatges millors en les àrees d'economia, seguretat i fiabilitat, així com sostenibilitat, i estarn disponibles per a l'anys 2030.

## Generació IV i l'AFCI

- L'AFCI (la iniciativa per a cicles de combustible avançat) és la resposta dels EUA a la crida mundial de Generació IV per a millorar la tecnologia nuclear
- L'AFCI inclou dos temes importants que els experts creuen que són les àrees de la generació nuclear d'energia que requereixen la recerca més immediata i a llarg termini

## Els aspectes ressaltats per l'AFCI

- 1: reducció del volum i de la generació de calor dels materials que s'han d'emmagatzemar en zones geològiques
- 2: reducció de la radiotoxicitat de llarg termini i l'emissió de calor dels residus d'alt nivell

## Solucions de l'AFCI

- Tot i que no s'han descobert encara solucions específiques a aquests aspectes, l'AFCI creu que les futures solucions inclouran els criteris següents:
  - retardar o eliminar la necessitat de trobar més lloc per l'emmagatzematge de residus nuclears
  - la transició des del cicle únic actual del combustible nuclear a un cicle de combustible avançat sostenible

## Reaccions nuclears de l'AFCI

- En 2002 el fòrum internacional sobre Generació IV va seleccionar 6 reactors nuclears per fer-ne recerques, desenvolupament i potser posar-los en operació per tal de fer possibles els criteris de solució que acabem d'esmentar
- Els 6 reactors seleccionats són:
  - reactor ràpid refrigerat per gas
  - reactor de temperatures molt elevades
  - reactor refrigerat per aigua supercrítica
  - reactor ràpid refrigerat per sodi
  - reactor ràpid refrigerat per plom
  - reactor de sal fosa
    - En els EUA es fa recerca en els 6 tipus de reactors en el laboratori nacional d'Idaho (INL)

## Wegrafia

- [www.gen-iv.ne.doe.gov/content.html](http://www.gen-iv.ne.doe.gov/content.html)
- [www.nucleartourist.com/basics/environ1.htm](http://www.nucleartourist.com/basics/environ1.htm)
- [www.ne.doe.gov/afci.html](http://www.ne.doe.gov/afci.html)
  
- [www.nei.org/doc.asp?catnum=3&catid=20&docid=&format=print](http://www.nei.org/doc.asp?catnum=3&catid=20&docid=&format=print)
- [www.nei.org/doc.asp?catnum=4&catid=511&docid=&format=print](http://www.nei.org/doc.asp?catnum=4&catid=511&docid=&format=print)