



***Grup de Científics i Tècnics per  
un Futur No Nuclear - GCTPFNN***

# **L'energia nuclear el 2023, alguns fets**

Jan Willem Storm van Leeuwen,  
membre del Grup de Consultoria Nuclear

Font: Nuclear Monitor, December 1, 2023, Issue #910  
Traducció de l'original anglès: Josep (Pep) Puig i Boix

Grup de Científics i Tècnics per un Futur No Nuclear - GCTPFNN  
Bústia Verda, Cal Sastre, bústia 22, 17403 Sant Hilari Sacalm – Catalunya  
CIF. G-58496068  
Correu-e: [gctpfnn@energiasostenible.org](mailto:gctpfnn@energiasostenible.org) – web: [www.energiasostenible.org](http://www.energiasostenible.org)



***Grup de Científics i Tècnics per  
un Futur No Nuclear - GCTPFNN***

Grup de Científics i Tècnics per un Futur No Nuclear - GCTPFNN  
Bústia Verda, Cal Sastre, bústia 22, 17403 Sant Hilari Sacalm – Catalunya  
CIF. G-58496068  
Correu-e: [gctpfnn@energiasostenible.org](mailto:gctpfnn@energiasostenible.org) – web: [www.energiasostenible.org](http://www.energiasostenible.org)

# L'energia nuclear el 2023, alguns fets

*Jan Willem Storm van Leeuwen, membre del Grup de Consultoria Nuclear*

Una central nuclear no és un sistema autònom. Per funcionar correctament necessita un complex de processos tècnics i industrials. L'energia nuclear es genera mitjançant la fissió de nuclis d'urani-235 en un reactor nuclear. D'on ve aquest urani?

Sovint la gent s'inclina a parlar només del reactor nuclear quan es parla d'energia nuclear; els altres processos no són visibles al lloc d'una central nuclear en funcionament. La cadena d'activitats necessàries per gaudir de l'energia nuclear és comparable a una cadena d'activitats comuna i diària. Aconseguir un bon àpat implica una cadena d'activitats: recollir els ingredients, cuinar el menjar, parar la taula, gaudir del menjar, netejar la taula, rentar els plats i netejar la cuina.

L'aplicació de l'energia nuclear té molts aspectes: tècnics, socials, financers, polítics, militars i aspectes relatius a la seguretat i la salut de milions de persones. Aquesta complexitat pot ser un factor pel qual els responsables polítics sovint no estan ben informats sobre l'energia nuclear.

## **Construcció de noves centrals nuclears**

L'experiència a França, el Regne Unit i Finlàndia indica que els costos d'una nova central nuclear poden arribar als 10.000 milions d'euros/GW i que el temps de construcció pot arribar a ser de 15 a 20 anys. Notablement, els costos de construcció de les centrals nuclears van anar augmentant des de la construcció de les primeres centrals nuclears als anys 60: l'absència d'efecte d'aprenentatge.

## **Sense CO2?**

Molts responsables polítics consideren l'energia nuclear com la millor solució per reduir l'emissió de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera i aturar l'escalfament global. La contribució de l'energia nuclear al consum mundial d'energia és d'un 2%. Suposant que la generació d'energia nuclear no emet CO<sub>2</sub>, la qual cosa no és cert, la contribució nuclear a la reducció de l'emissió mundial de CO<sub>2</sub> i la reducció de l'escalfament global no seria superior al 2%.

La fissió dels nuclis d'urani-235 al reactor és l'únic procés de la cadena de processos vitals per a la generació d'energia utilitzable a partir d'urani que no produeix CO<sub>2</sub>, tots els altres processos ho fan, directament o indirectament.

La construcció d'una central nuclear consumeix més d'1 milió de tones de formigó i 0,2 milions de tones d'acer. Sense CO<sub>2</sub>?

## **Verda?**

L'única font d'energia verda que la humanitat té a la seva disposició és el sol. Mireu la biosfera: una capa verda de materials molt ordenats arreu del món. Aquests materials ordenats verds van sorgir a partir de materials dispersos: CO<sub>2</sub> a l'aire i aigua amb minerals dissolts. Els materials ordenats tenen una entropia baixa, els materials dispersos tenen una entropia alta; L'entropia és una mesura de dispersió, de caos. Baixar l'entropia d'una quantitat de material, això significa augmentar l'ordre en aquest material, només és possible mitjançant un flux unidireccional d'energia. L'energia del sol que arriba a la superfície de la Terra és un flux unidireccional.

La conversió de l'energia potencial de les fonts d'energia mineral (combustibles fòssils i urani) en un flux d'energia unidireccional s'acoba termodinàmicament a la generació d'entropia: dispersió de calor i materials, alguns dels quals són radioactius. Un dels materials dispersos és el CO<sub>2</sub>. Perquè la conversió d'energia potencial de fonts d'energia mineral es produeix dins de la biosfera, tots els seus efectes d'entropia inevitables romanen a la biosfera: les conseqüències són el deteriorament de la biosfera i l'escalfament global. L'entropia acoblada a la generació d'energia al sol roman al sol i al seu espai circumdant. Gràcies a l'energia unidireccional del sol la Terra té una biosfera verda, amb una baixa entropia. Això és energia verda.

## **Cingle energètic i trampa de CO<sub>2</sub>**

L'extracció d'urani de l'escorça terrestre necessita energia i s'acompanya de l'emissió de CO<sub>2</sub>. El contingut d'urani en els minerals d'urani encara disponibles està disminuint amb el pas del temps. Les empreses mineres sempre utilitzen primer els minerals més rics disponibles, perquè ofereixen el major retorn de la inversió. Així, els minerals restants són més pobres, tenen un grau inferior. En conseqüència, amb el pas del temps, l'extracció d'un quilogram d'urani consumeix més energia i emet més CO<sub>2</sub>. Aquest fenomen es produeix també amb l'extracció d'altres metalls, però l'urani és l'únic metall utilitzat com a font d'energia.

Si la producció mundial d'energia nuclear es manté al nivell actual, s'espera que l'extracció d'1 kg d'urani de l'escorça terrestre durant la dècada de 2070 consumeixi tanta energia com es pugui generar a partir d'aquest quilogram. Això s'anomena penya-segat d'energia. Quan aquesta extracció s'alimenta amb combustibles fòssils, l'emissió de CO<sub>2</sub> per quilowatt-hora de la cadena de procés nuclear contemporània serà tan alta com l'emissió específica de CO<sub>2</sub> de les centrals elèctriques de combustible fòssil. Això s'anomena trampa de CO<sub>2</sub>.

## **Radioactivitat**

Un aspecte únic d'un reactor nuclear és la seva generació de radioactivitat artificial. Una central nuclear produeix cada any una quantitat de radioactivitat artificial equivalent a la quantitat generada per l'explosió de més de 1000 bombes atòmiques

d'Hiroshima. La radioactivitat no és visible ni es pot olorar, la seva presència només es pot demostrar amb equips especials.

Una central nuclear en funcionament nominal aboca a l'aire i/o a l'aigua de refrigeració diversos radionúclids, els importants són: triti (H-3, hidrogen radioactiu), carboni-14 (carbó radioactiu) i criptó-85 (criptó de gas noble radioactiu). Tant el triti com el carboni-14 s'acumulen a la cadena alimentària.

El triti és biològicament perillós. Els àtoms de triti es poden incorporar a les molècules d'ADN. Per la desintegració radioactiva dels àtoms de triti les molècules d'ADN es fan malbé; les molècules d'ADN danyades poden causar trastorns greus. Krypton-85 es pot absorbir per inhalació, té una alta solubilitat en lípids. La seva radioactivitat és perjudicial en els teixits vius. A més, el criptó-85 provoca efectes pertorbadors a l'atmosfera.

### **Riscos per a la salut, hi participen milions de persones**

Les conseqüències de la contaminació per radiació i/o materials radioactius no es noten immediatament, sinó després de setmanes, mesos o anys. Poques vegades es pot demostrar una connexió causal directa entre una contaminació radioactiva i un trastorn específic. Amb estudis epidemiològics en grans grups de població es pot demostrar la correlació entre l'exposició a la radioactivitat i la salut. No s'han realitzat estudis epidemiològics per iniciativa de la indústria nuclear o dels governs després dels desastres de Txernòbil i Fukushima.

Estudis epidemiològics a Alemanya i França, realitzats per instituts mèdics, van demostrar que l'aparició de càncer entre els nens menors de 5 anys augmenta a mesura que viuen més a prop d'una central nuclear en funcionament nominal.

### **Emmagatzematge de materials radioactius**

Els residus radioactius produïts durant més de set dècades d'energia nuclear encara estan esperant l'emmagatzematge definitiu en dipòsits geològics. Els materials radioactius, que romanen radioactius durant desenes de milers d'anys, s'emmagatzemen en instal·lacions subterrànies vulnerables. L'emmagatzematge segur en dipòsits geològics profunds encara no és la pràctica a cap lloc del món. Pel que se sap, Suècia i Finlàndia van avançar més en la construcció d'aquests dipòsits, de 500 metres de profunditat en granit. Construir un dipòsit geològic i emmagatzemar-hi els residus pot costar més que la construcció d'una nova central nuclear.

## Seguretat

A nivell mundial, la probabilitat que es produeixin desastres nuclears greus augmenta amb el temps. L'illa de *Three Miles*, Txernòbil i Fukushima no seran els últims desastres nuclears. Durant el desastre de Txernòbil, la quantitat de radioactivitat artificial dispersa al medi ambient va ser inferior a la producció d'un any. Vulnerables per avaries greus no només són els reactors nuclears, sinó també el transport de materials altament radioactius, l'emmagatzematge temporal d'elements de combustible nuclear gastat i les plantes de reprocessament. Un desastre nuclear pot procedir en silenci, contaminant grans àrees i centenars de milers de persones sense previ avís.

Un factor que sens dubte augmenta la possibilitat d'un desastre nuclear és l'envelliment inevitable dels materials de construcció per processos espontanis (Segona Llei de la termodinàmica). Un segon factor cert és l'augment de les quantitats de materials radioactius emmagatzemats temporalment. Els factors impredecibles són el terrorisme, les accions militars, els desastres naturals, els accidents causats per fracàs humà.

## Reactor modular petit (SMR)

Es defineix que els SMR tenen una potència en el rang de 30 a 500 MW, en lloc del gran reactor nuclear actual (1200 MW). El SMR és va afirmar que era més segur, més barat de construir i que produiria menys residus. Aquestes afirmacions no estan demostrades. El concepte SMR pot ser similar a un reactor militar utilitzat en vaixells i submarins i opera amb urani molt enriquit. En aquest moment el primer SMR comercial existeix només en paper.

## Tori

L'ús del tori en lloc de l'urani de vegades s'anomena com el futur de l'energia nuclear. El tori és més abundant a l'escorça terrestre que l'urani i es diu que un reactor de tori produeix residus radioactius menys perillosos. El tori és un metall radioactiu i no és fissionable. Per utilitzar-lo com a font d'energia, el tori s'ha de convertir en urani-233 fissil mitjançant radiació de neutrons en un reactor nuclear.

L'ús del tori com a font d'energia comercial implica la construcció i el funcionament impecable d'un cicle de reproducció. A més de greus dificultats tècniques, problemes fonamentals van impedir la realització d'un cicle de reproducció tori-urani-233 en funcionament. El desenvolupament d'aquest cicle de reproducció als EUA s'ha interromput fa dècades.

## **Reproductor ràpid d'urani-plutoni**

Amb prou feines s'esmenta en aquests dies el reproductor ràpid d'urani-plutoni, que produiria electricitat "massa barata per comptar". El reproductor U-Pu fissionaria una quantitat de nuclis d'urani a partir d'un quilogram d'urani natural 60-100 vegades la quantitat que es fissiona en un reactor convencional, que no pot fissionar més del 0,5% dels nuclis de l'urani natural. En set països s'ha interromput el desenvolupament del sistema reproductor U-Pu, només tres (Rússia, Índia, Xina) segueixen aquesta línia. S'estima que les inversions totals en tecnologia de reproducció dels països occidentals són d'uns 100.000 milions de dòlars. El motiu de la suspensió es pot trobar en la confrontació amb el mateix tipus de problemes tècnics i fonamentals que amb el desenvolupament del sistema reproductor de tori-urani-233.

Els fonaments científics dels fets esmentats en aquest article i les referències científiques que l'acompanyen es poden trobar al lloc web

<https://www.stormsmith.nl/>