

Kjarnakljúfar - kjarnorkuver

Ath: Orðið **kjarnakljúfur** er hér notað almennt um **nuclear reactor**, kerfi þar sem kjarnaklofnun fer fram og er haldið í stöðugu jafnvægi. **Kjarnorkuofn** er kjarnakljúfur í kjarnorkuveri (eða kjarnorkuknúnu farartæki, t.d. kafbáti eða skipi), þar sem varmaorka klofnunarinnar er nýtt til orkuframleiðslu.

Samantekt: Sigurður Emil Pálsson, nóvember 2002

Kjarnaklofnun:

Stór kjarni klofnar í tvo hluta, að auki losna nifteindir (U-235 losar að jafnaði 2-3 niftendir)

Þetta getur gerst:

- Vegna þess að nifteind hafi lent á kjarnanum
- Sjálfkrafa (gerist mjög hægt ef það gerist)

Keðjuverkun (*chain reaction*) getur orðið ef nifteindirnar sem losna við klofnun kjarna ná að kljúfa aðra kjarna.

- Hver klofnun losar mjög mikla orku (á mælikvarða frumeindar)
- Orkulosun í keðjuverkun, þar sem margar frumeindir klofna, getur orðið mjög mikil
- Ef keðjuverkunin gerist mjög hratt verður sprenging, kjarnorkusprenging

Í kjarnakljúf er keðjuverkuninni hins vegar haldið í jafnvægi, þannig að aflið haldist stöðugt.

Eldsneyti ofnsins eru kjarnkleyf efni, úran eða plúton (Pu-239). Þegar úran er notað er það ýmist náttúrulegt úran (99,3% U-238 og 0,7% U-235) eða auðgað úran (*enriched uranium*), þar sem búið er að auka hlut U-235 (oft í 3-4%). Efnin eru sjálf tiltölulega lítt geislavirk (hafa langan helmingunartíma). Við kjarnaklofnunina verða til tveir kjarnar, sem að jafnaði eru mjög geislavirkir (hafa skamman helmingunartíma). Hver þeirra breytist síðan í annan kjarna og þannig koll af kolli þar til stöðugum kjarna er náð.

Við kjarnaklofnunina í ofninum verður einnig til mikið af **nifteindum**. Auk þess að kljúfa kjarnkleyf efni, þá geta þær:

1. Breytt ógeislavirkum efnum í kljúfnum í geislavirk
2. Gert brot kjarna sem klofnaði (og hefur e.t.v. breyst í ógeislavirkt efni) að geislavirkri kjarntegund

Við notkun í kjarnakljúf **breytist því lággeislavirkt eldsneyti í hágeislavirkan úrgang** (auk þess sem hlutar ofnsins verða geislavirkir). Margar þessar kjarntegundir hafa skamman helmingunartíma og eyðast fljótt.

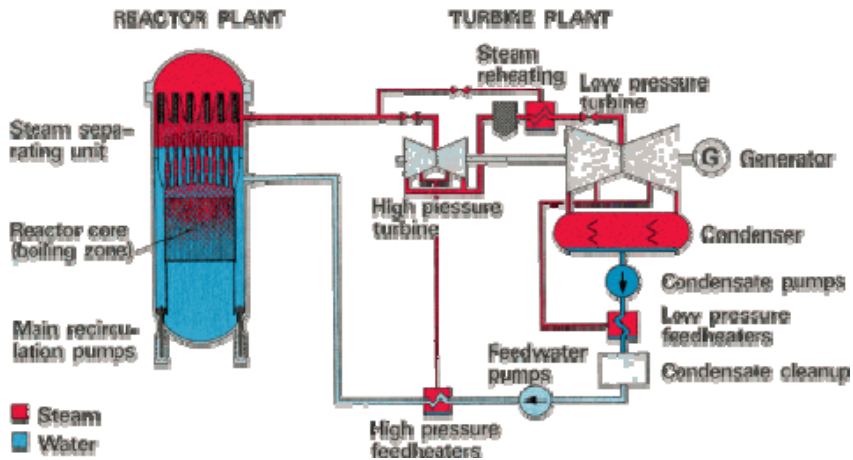
Eldsneyti í kjarnakljúf er oftast samsett úr **stöngum (fuel rods)** og hver þeirra inniheldur margar **töflur (pellets)** af kjarnkleyfu efni. Í sumum kljúfum er skipt um allt eldsneytið í einu, í öðrum er skipt um hluta þess í hvert sinn, sérstaklega ef kljúfurinn er þannig gerður að hægt er að skipta um stangir meðan ofninn er í gangi.

Eldsneytið eru umlukið efni (**moderator**) sem **hægir á hröðum nifteindum** og gerir þær hægfara. Þetta efni getur verið fast, t.d. **grafít**, eða t.d. **vatn**.

Afli kjarnakljúfs er stýrt með **stýristöngum (control rods)** sem innihalda nifteindagleypandi efni (t.d. kadmín eða bóron). Þannig er hægt að stjórna nifteindamagninu í ofninum og þar með hraða kjarnaklofnunarinnar. Stýristangirnar eru einnig notaðar til þess að stöðva ofninn. Auk stýristanga er einnig oftast annar búnaður til að stöðva strax afl kljúfsins í neyðartilvikum.

Kæliefni (coolant) er notað til þess að flytja varmann frá sjálfum kljúfsins til hverfla sem geta nýtt hann. Oftast er notað a.m.k. tvöfalt kerfi, þannig að varminn frá kljúfnum er fyrst fluttur í varmaskipti. Þessari **innri hringrás (primary circuit)** í kljúfnum er þannig haldið tiltölulega einangraðri frá umhverfinu. **Ytri hringrásin (secondary circuit)** fær varmann frá varmaskiptinum og nýtir hann til að knýja hverfla til orkuframleiðslu. Komi upp leki í hringrás í kjarnorkuveri skiptir miklu hvort hann er í innri eða ytri hringrás. Leki í innri hringrás þýðir mun meiri leka geislavirkra efna út úr kerfinu (þar með er þó ekki sagt að þau komist út í umhverfið, hönnun versins á að þola að ofn leki án þess að efni sleppi til umhverfis).

- Oft er reynt að hanna kjarnakljúfa þannig að þeir séu í eðli sínu stöðugir. Aukið afl í slíkum ofni dregur sjálfkrafa úr keðjuverkun, sem síðan dregur aftur úr afli ofnsins. Þannig leitar slíkur ofn sjálfkrafa í jafnvægi.
- Kjarnakljúfur getur einnig verið þannig að hann sé í eðli sínu óstöðugur. Aukið afl eykur þá jafnframt keðjuverkun, sem eykur aflið enn frekar. Slíkum ofni verður að halda í jafnvægi með stýringu.

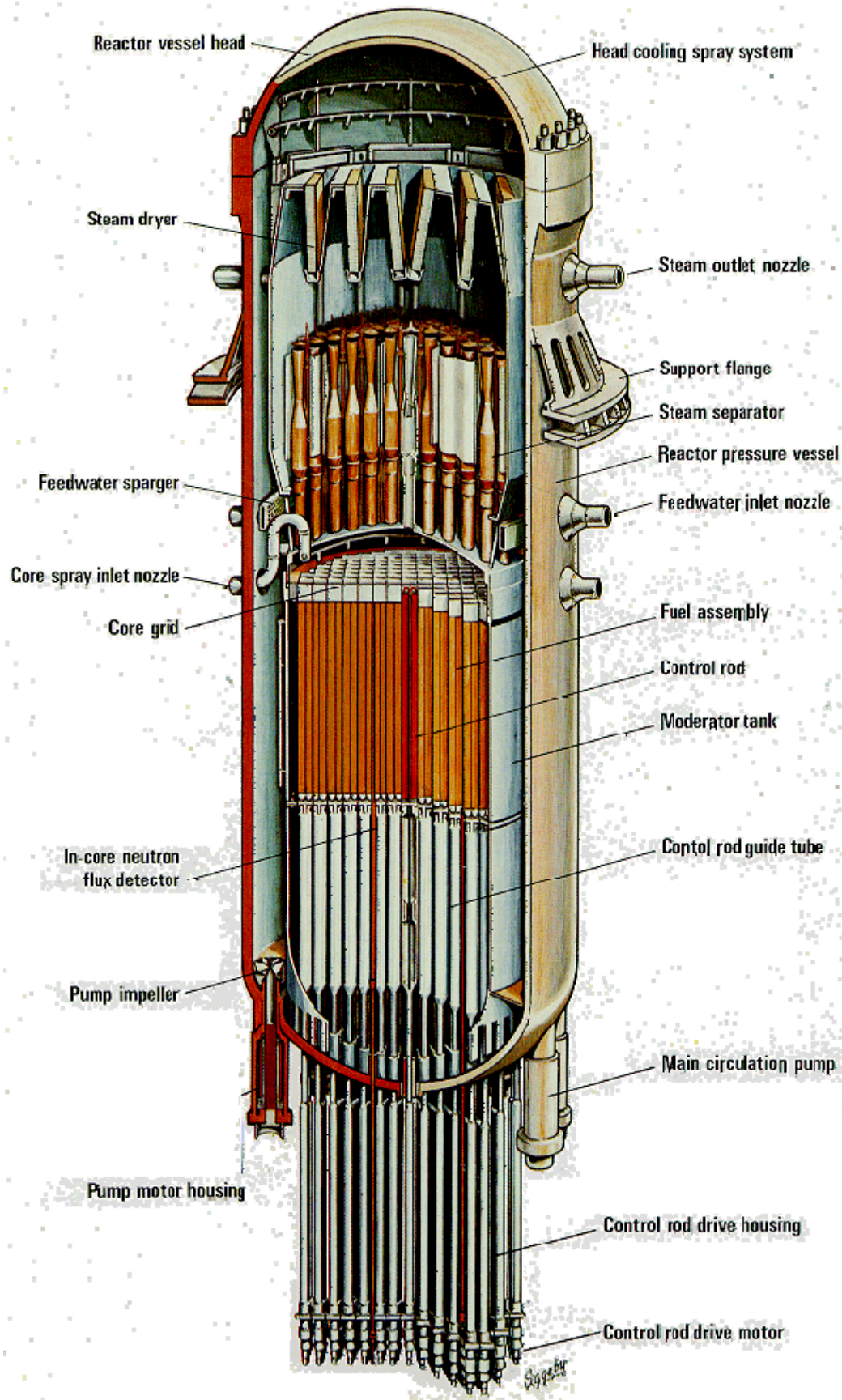


Dæmi um notkun á kjarnakljúf í kjarnorkuveri

Ef efni frá kjarnakljúf sleppur til umhverfis, þá hafa ýmsir þættir áhrif á magn efnanna sem sleppa, t.d:

1. Hversu lengi eldsneyti hefur verið í kljúfnum (geislavirki úrgangurinn byggist upp meðan ofninn er í gangi).
2. Gerð kljúfsins
3. Hversu lengi er hægt að tefja losun til umhverfis (mörg efnanna eru skammlíf)
4. Efnafræðilegu umhverfi ofnsins (ýmis hættuleg efni, t.d. jóð, geta bundist efnunum áður en þau sleppa til umhverfis).

Kjarnakljúfar (sérstaklega kjarnorkuofnar í kjarnorkuverum) eru almennt hafðir í byggingum með sérstakri loftþéttri öryggiskúpu. Loft frá kúpunni er síð áður en það sleppur til umhverfis og geymsluþrær geta tekið við geislavirkum vökvum. Þannig er reynt að koma í veg fyrir að geislavirk efni sleppi til umhverfis, jafnvel þótt óhapp verði í sjálfum kljúfnum.



Dæmi um uppbyggingu kjarnakljúfs