

7. För att bestämma utbränningen av ett bränsleelement kapades en pinne och ett fragment av en urankuts togs ut. Fragmentet löstes i 6 M salpetersyra. 0.1 ml av denna lösning späddes till 10 ml med destillerat vatten (lösning A). 0.1 ml av lösning A fick passera en liten kolonn med mordenit. Därvid sorberades cesium selektivt. Kolonnen tvättades med 0.1 M salpetersyra, torkades och mättes sedan med en HPGe detektor. Därvid fann man att kolonnen innehöll 1800 Bq ^{134}Cs och 2500 Bq ^{137}Cs . Mätningen utfördes 1 år efter det att reaktorn stannats. Vid analys av lösning A fann man att denna innehöll 5 mg/l uran. Vad var bränslepinnens utbränning i MWd/kg U om fissionsutbyten för ^{235}U kan användas och bränslepinnen suttit i reaktorn under 5 år? Reaktorn har drivits med konstant effekt under 11 månader/år och stått stilla för revision 1 månad/år.

Eftersom bara ^{137}Cs är en primär fissionsprodukt använder vi denna. Om vi i stället skulle utnyttja kvoten mellan aktiviteterna får vi ett något bättre värde, men mycket svåra ekvationer att lösa.

$$R_{\text{Cs}} = \phi \cdot \sigma_f \cdot N_U \cdot y_{137} \cdot (1 - \exp(-\lambda \cdot t_{\text{irr}})) \cdot \exp(-\lambda \cdot t_{\text{cool}}) \quad \text{För ett års produktion}$$

$$Bq := \text{sec}^{-1} \quad MeV := 1.60217733 \cdot 10^{-13} \cdot \text{joule} \quad \text{Sedan kan vi lägga ihop årsvärden efter korrektion för tiden till analys.}$$

Antalet kluvna uranatomer ges av körtid*flöde*tvärsnitt*mängd eftersom vi kan approximera att antalet är nära konstant under bestrålningstiden.

$$R_{\text{Cs}} = \phi \cdot \sigma_f \cdot N_U \cdot y_7 \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot t_r}) \cdot (e^{-\lambda \cdot t_{c1}} + e^{-\lambda \cdot t_{c2}} + e^{-\lambda \cdot t_{c3}} + e^{-\lambda \cdot t_{c4}} + e^{-\lambda \cdot t_{c5}})$$

$$R_{\text{Cs}} := \frac{2500 \cdot Bq}{0.1 \cdot mL} \quad N_A := 6.0221367 \cdot \frac{10^{23}}{\text{mole}} \quad C_U := 5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{gm}{\text{liter}}$$

$$N_U := \frac{C_U}{238 \cdot \frac{gm}{\text{mole}}} \cdot N_A \quad MWd := 10^6 \cdot \text{watt} \cdot \text{day}$$

$$y_7 := 6.26 \cdot \% \quad \Delta N_U = \phi \cdot \sigma_f \cdot N_U \cdot 5 \cdot \frac{11}{12} \cdot yr \quad Q = \Delta N_U \cdot 200 \cdot MeV$$

$$Utbr = \frac{Q}{C_U}$$

$$\lambda := \frac{\ln(2)}{30.1 \cdot yr} \quad t_r := \frac{11}{12} \cdot yr$$

$$t_{c1} := \left(\frac{1}{12} + 4 + 1 \right) \cdot yr \quad t_{c2} := \left(\frac{1}{12} + 3 + 1 \right) \cdot yr$$

$$t_{c3} := \left(\frac{1}{12} + 2 + 1 \right) \cdot yr \quad t_{c4} := \left(\frac{1}{12} + 1 + 1 \right) \cdot yr$$

$$t_{c5} := \left(\frac{1}{12} + 1 \right) \cdot yr$$

$$\phi \cdot \sigma_f \cdot N_U = \frac{R_{\text{Cs}}}{y_7 \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot t_r}) \cdot (e^{-\lambda \cdot t_{c1}} + e^{-\lambda \cdot t_{c2}} + e^{-\lambda \cdot t_{c3}} + e^{-\lambda \cdot t_{c4}} + e^{-\lambda \cdot t_{c5}})} = F$$

$$F := \frac{R_{\text{Cs}}}{y_7 \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot t_r}) \cdot (e^{-\lambda \cdot t_{c1}} + e^{-\lambda \cdot t_{c2}} + e^{-\lambda \cdot t_{c3}} + e^{-\lambda \cdot t_{c4}} + e^{-\lambda \cdot t_{c5}})} \quad F = 4.103 \cdot 10^6 \cdot \frac{Bq}{mL}$$

$$\Delta N_U := F \cdot 5 \cdot \frac{11}{12} \cdot yr \quad \Delta N_U = 5.934 \cdot 10^{20} \cdot m^{-3}$$

$$Q := \Delta N_U \cdot 200 \cdot MeV \quad Utbr := \frac{Q}{C_U} \quad Utbr = 44.019 \cdot \frac{MWd}{kg}$$