

11. Experiment med granit och grundvatten har använts för att bestämma fördelningsfaktorn mellan berg och vatten. Uppmätt värde för Pu är 0.2 m³/kg. Transporttiden, t, för ett ämne löst i grundvatten kan uppskattas med hjälp av ekvationen: $t = R \cdot t_w$, där t_w är vattnets transporttid mellan upplösningsspunkten och observationsstället. R ges av sambandet: $R = 1 + k_d \cdot d \cdot (1-p)/p$, där k_d är fördelningsfaktorn, d är bergets täthet och p är bergets porositet. Lösligheten av plutonium i granitiskt grundvatten är $2 \cdot 10^{-8}$ M. Antag att man placerar plutoniumhaltigt bränsle oskyddat i kontakt med grundvatten på botten av ett 1000 m djupt borrhål som sedan försluts med betong. Vattnet runt bränslet antas omedelbart bli mättat med avseende på plutonium. Försumma alla Pu-isotoper utom ²³⁹Pu. I området är vattentransporttiden från hålets botten genom berggrunden till markytan beräknad till 10000 år. Bergets medeldensitet anges vara 2700 kg/m³ och dess medelporositet 0.005.

a) När når de första ²³⁹Pu-atomerna upp till markytan?

b) Vad blir högsta möjliga ²³⁹Pu-halt i vatten vid markytan?

c) Hur många ALI-värden motsvarar detta.

Till att börja med kan vi antaga att inget vatten kan strömma genom 1000 meter massiv betong. All strömning måste därför ske genom bergsprickor etc.

$$\begin{aligned}
 N_A &:= 6.0221367 \cdot \frac{10^{23}}{\text{mole}} & C_0 &:= 2 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{\text{mole}}{\text{liter}} & t_w &:= 10000 \cdot \text{yr} \\
 N_0 &:= C_0 \cdot N_A & k_d &:= 0.2 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} & d &:= 2700 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} & p &:= 0.005 \\
 \lambda &:= \frac{\ln(2)}{24390 \cdot \text{yr}} & R &:= 1 + k_d \cdot d \cdot \frac{1-p}{p} & R &= 1.075 \cdot 10^5 \\
 t_{Pu} &:= t_w \cdot R & t_{Pu} &= 1.075 \cdot 10^9 \cdot \text{yr} & N_t &:= N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t_{Pu}) \\
 N_0 &= 1.204 \cdot 10^{19} \cdot \text{m}^{-3} & N_t &= 0.000 \cdot \text{m}^{-3}
 \end{aligned}$$

Eftersom inget Pu kan nå markytan någonsin blir svaren följande: a) Aldrig, b) Noll, c) Noll.