

# Het gebruik van thorium- en loodisotopen bij het meten van deeltjestransport in zee

Michiel Rutgers van der Loeff, RIKZ, den Haag

Uranium is als carbonaatcomplex goed oplosbaar in zeewater. Uranium kan worden beschouwd als een component van zeezout, de activiteit is uit de saliniteit te berekenen. In de vervalreeksen van uranium worden afwisselend isotopen van goed oplosbare of mobiele elementen (uranium, radium, radon) en van uiterst deeltjesreactieve elementen (thorium, protactinium, lood, polonium) geproduceerd. De eerste groep kan als tracer dienen voor watermassa's, terwijl de tweede groep geschikt is als tracer voor transportprocessen van deeltjes. Door een isotoop met een geschikte halfwaardetijd te kiezen is voor een groot aantal transportprocessen een geschikte tracer te vinden. In deze lezing worden toepassingsmogelijkheden van drie deeltjesreactieve isotopen belicht:  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{230}\text{Th}$  en  $^{234}\text{Th}$ .

**$^{210}\text{Pb}$** , halfwaardetijd 22.3 jaar.

$^{210}\text{Pb}$  ontstaat via  $^{222}\text{Rn}$  uit  $^{226}\text{Ra}$  en komt geadsorbeerd aan slibdeeltjes in het zeesediment terecht. In de diepzeesedimenten is  $^{226}\text{Ra}$  in zeewater de belangrijkste bron, in ondiepe zeeën is atmosferische depositie na transport van gasvormig  $^{222}\text{Rn}$  afkomstig van  $^{226}\text{Ra}$  op het land belangrijker. De bron is dus niet overal gelijk, maar als de flux naar het sediment constant is in de tijd, kan het  $^{210}\text{Pb}$  profiel in het sediment gebruikt worden als maat voor sedimentaccumulatie en/of bioturbatiesnelheid. Er is altijd aanvullende informatie nodig om de invloed van deze beide processen van elkaar te scheiden. Veronachtzaming daarvan heeft in de literatuur tot veel verwarring geleid.

**$^{230}\text{Th}$** , halfwaardetijd 75400 jaar

Doordat de saliniteit en dus het uraniumgehalte in de oceaan slechts weinig varieert kan de productie van  $^{230}\text{Th}$  uit  $^{234}\text{U}$  berekend worden uit de waterdiepte  $z(\text{m})$ :  $P(^{230}\text{Th}) = 0.0259 z (\text{dpm m}^{-2} \text{ y}^{-1})$ . (In dit vakgebied wordt activiteit nog altijd in desintegraties per minuut uitgedrukt en niet in Becquerel;  $1 \text{ Bq} = 60 \text{ dpm}$ ). Alle geproduceerde  $^{230}\text{Th}$  wordt aan deeltjes gebonden en komt met de deeltjesregen in het sediment terecht. Deze constante, exact bekende flux wordt gebruikt voor de calibratie van sedimentvallen. Analooch kan uit de  $^{230}\text{Th}$  activiteit in een monster van het sedimentoppervlak de plaatselijke sedimentatiesnelheid (rain rate) worden bepaald, zonder dat dieper sedimentmateriaal beschikbaar is. In principe kan de tracer ook gebruikt worden voor de datering van sedimentkernen, maar daarvoor zijn vaak andere technieken meer geschikt zoals  $^{14}\text{C}$  of de met de ijstijden variërende verhoudingen van stabiele zuurstofisotopen in foraminiferen. Wel wordt  $^{230}\text{Th}$  gebruikt om de herverdeling van sediment door stromingen op de zeebodem (focussing en winnowing) te kwantificeren.

**$^{234}\text{Th}$** , halfwaardetijd 24.1 dag

De activiteit van  $^{238}\text{U}$  in zeewater (in  $\text{dpm L}^{-1}$ ) bedraagt  $0.0704 \times \text{saliniteit}$ . Dochternuclide  $^{234}\text{Th}$  is weliswaar reactief, maar in de "blue ocean" is de deeltjesregen te zwak om in de korte halfwaardetijd veel  $^{234}\text{Th}$  te verwijderen:  $^{234}\text{Th}$  is daarom in seculair evenwicht met  $^{238}\text{U}$  (dwz  $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U} = 1$ ). Aan het oceaanoppervlak leidt een planktonbloei tot het toenemen van de deeltjesregen. Daardoor ontstaat een tekort van  $^{234}\text{Th}$  in het oppervlaktewater t.o.v.  $^{238}\text{U}$  waaruit deze zgn. exportproductie berekend kan worden.

Analoog ontstaat vlak boven de zeebodem een tekort aan  $^{234}\text{Th}$  door uitwisseling met oppervlaktesediment. Hier kan de resuspensiesnelheid uit het  $^{234}\text{Th}$  tekort worden berekend.

Het  $^{234}\text{Th}$  dat door deeltjes uit de waterkolom wordt verwijderd is als excess activiteit in het sediment terug te vinden. Ook in niet-accumulerende shelf-sedimenten zoals de zuidelijke Noordzee is hiermee een tracer beschikbaar waarmee het binnendringen van slib in een zandbodem aangetoond en gekwantificeerd kan worden. Wim van Raaphorst vond in een aantal kernen afkomstig uit het gebied Breeveertien dat  $^{234}\text{Th}$  in enkele maanden tot meer dan 4 cm diepte doordringt. Op langere tijdschaal is ook  $^{210}\text{Pb}$  hiervoor goed te gebruiken, zoals ook is toegepast in de shelf voor de oostkust van de VS.

Samenvatting: De uranium vervalseries leveren een prachtige serie tracers voor elke gewenste tijdsschaal. Vaak is het transport van deze tracers zeer nauwkeurig te berekenen. De omrekening naar transportsnelheden van andere componenten levert soms grotere moeilijkheden op. Een voorbeeld is de omrekening van de exportproductie van  $^{234}\text{Th}$  naar de veel interessantere export van koolstof tgv een planktonbloei. Zie voor deze discussie o.a. <http://cafethorium.who.edu>.