

DE MOBILITEIT VAN FLUOR OP MONDIALE SCHAAL

C.A. ARONDS¹⁾

Hoewel het begrip "mobiliteit" zich op velerlei wijze laat definiëren is er hier onder verstaan: "de richting en sterkte van de massa stromen door alle plaatsen van het milieu".

Met dit uitgangspunt is een poging ondernomen om voor het element fluor een wereldbalans op te stellen met het doel binnen zekere grenzen van nauwkeurigheid vast te stellen hoe en hoe snel dit element in zijn natuurlijke gang circuleert en in welke mate de mens kunstmatig in deze cyclus bijdraagt.

Om het systeem voor het gestelde doel toegankelijk te maken is een zeer grove indeling gekozen door uit te gaan van 4 macroreservoirs: de lithosfeer, hydrosfeer, biosfeer en atmosfeer. Zelfs met dit sterk vereenvoudigde model blijkt het aantal benodigde gegevens, in het bijzonder betreffende de relaties tussen de macroreservoirs, zo groot te zijn dat een volledig beeld met wat thans beschikbaar is niet is op te bouwen. Desondanks bleek het de moeite waard de wel beschikbare gegevens eens te ordenen, teneinde vast te stellen in hoeverre daaruit voorlopige conclusies zouden zijn te trekken.

De in de litho- en hydrosfeer opgeslagen hoeveelheden fluor zijn bijzonder groot. Geschat uit de totale massa's en hun gemiddelde F-gehalte zijn dat resp. 10^{15} ton (aardkorst 1 km. dikte) en 10^{13} ton fluor. Voor de biosfeer schat men een voorraad in de orde van 10^6 à 10^7 ton, terwijl de troposfeer gebaseerd op een natuurlijk gehalte van 0,001 microgram/ m^3 slechts 10^4 ton F zou bevatten.

De fluortransporten tussen de macroreservoirs zijn als volgt, enigszins speculatief, benaderd:

- van lithosfeer naar hydrosfeer: Aangenomen dat het regenwater, voor zover niet weer verdampt, per ton water 0,1 g F uit de bodem oplost en 10^{14} ton water/j op het landoppervlak valt, waarvan 40% vloeibaar blijft, wordt door de aardkorst 4.10^6 ton F/j aan dit water af gegeven. Waarschijnlijk is dit een onderschatting omdat vele natuurlijke wateren een hoger F-gehalte hebben dan hier is aangenomen.
- van lithosfeer naar de atmosfeer. Het vulkaangebied in Katmai werpt per jaar rond 200.000 ton F uit. Het aantal werkende vulkanen is echter veel groter (rond 230) zodat

de totale uitworp zeker enkele miljoenen tonnen F per jaar bedraagt,

- van hydrosfeer naar atmosfeer: Door verstuiving van zee-water is de geschatte F-overdracht naar de atmosfeer ruwweg 4.10^4 ton/jaar.

Over de overdrachten tussen de biosfeer en de andere reservoirs is zeer weinig kwantitatief bekend. Vrijwel zeker worden grote hoeveelheden fluor uit bodem en water opgenomen en in botten, tanden, schalen en loof geaccumuleerd. Deze fluor keert echter vrijwel geheel naar de hydrosfeer doch vooral ook de lithosfeer terug, omdat afgifte van F naar de atmosfeer vrijwel niet voorkomt (wel bijvoorbeeld bij bosbranden). Hier ligt nog een groot gebied voor onderzoek braak. De jaarlijkse F-stromen (via voedsel, fecaliën en urine) door de totale wereldbevolking is relatief klein, in de orde van ruim 10^3 ton/jaar.

De activiteiten van de mens die tot de F-cyclus bijdragen zijn enerzijds agrarisch, door het toedienen van F-houdende kustmesten (in hoofdzaak de fosfaatmeststoffen) aan cultuurgrond, anderzijds industrieel door vervaardiging en toepassing van F-houdende verbindingen. Uit de wereldstatistieken blijkt dat met fosfaatmeststoffen (verbruik in 1970 rond 20 mln ton P_2O_5) ongeveer 1 mln ton fluor in zeer onoplosbare vorm op 4,5 miljard ha cultuurgrond terecht komt, vergelijkbaar met de rond 1 mln ton F die met regenwater vanuit de atmosfeer het landoppervlak bereikt.

Voor industriële doeleinden delft men een aantal grondstoffen uit de aardkorst, waarvan een aantal F-houdend zijn. Voor de vervaardiging van F-verbindingen wordt vrijwel geheel uitgegaan van fluoriet dat 30 – 97% CaF_2 kan bevatten. De laatste jaren wint men in toenemende mate de fluor terug, vrijkomende bij de bereiding van superfosfaat en dubbel-superfosfaat uit ruwe fosfaat erts.

Deze ontwikkeling is belangrijk omdat de wereldreserve van F in fluoriet met 35 mln ton aanzienlijk kleiner is dan die in ruwe fosfaat erts (4500 mln ton F). Bedacht moet worden dat daarnaast in de thans bekende wereldvoorraad aan steenkool nog 1 miljard ton moeilijk winbaar F aanwezig is, in ijzererts en klei daarentegen slechts 50 resp. 20 miljoen ton F.

Uit de verbruiken aan grond- en hulpstoffen die fluor bevatten, hun toepassing en vooral de verdeling van deze fluor

¹⁾Hoogovens, IJmuiden.

tengevolge van de verwerkingsprocessen over (bij-)produkten en afvalstoffen is het mogelijk te schatten hoeveel fluor weer in de macroreservoirs terugkeert. Men bedenke dat een aanzienlijk deel van de produkten ook eens overgaat in afvalstoffen. Het blijkt dan dat van de 5,5 mln ton F die aan de lithosfeer kunstmatig per jaar wordt onttrokken 3 mln ton weer in vaste vorm daarin terugkeert, 2 mln ton in de hydrosfeer terecht komt en een 0,5 mln ton per jaar in de atmosfeer wordt gespuid. De aandelen van de verschillende pro-

duktbranches in de F-massastromen naar de reservoirs verschillen onderling sterk. Voor een goede analyse van de mogelijkheden om tot recycling te komen zouden meer gedetailleerde studies per branche nodig zijn.

De voorlopige conclusie van de onderhavige studie is dat de mens door zijn bijzondere activiteiten zeer zeker ingrijpt in de natuurlijke F-cyclus en dat het raadzaam is zich op de consequenties daarvan voor het milieu nader te bezinnen.