

Aanwezigheid van sporen elementen in een tropische lagune aan de Braziliaanse kust, die effluenten ontvangt van ijzererts mijnbouwactiviteiten

Geïntegreerde veldstudies gericht op milieuconcentraties, bio-beschikbaarheid en blootstelling en effecten hiervan in biota

SAMENVATTING

Ijzererts is the primaire grondstof voor the productie van ijzer en staal. Bijna alle ijzererts (98%) wordt hiervoor gebruikt. Australië en Brazilië zijn wereldwijd de grootste leveranciers van ijzererts, terwijl China de grootste verbruiker is van ijzererts. De belangrijkste locaties in Brazilië, waar ijzererts wordt gewonnen, liggen in het Zuidoosten. In dit gebied is verspreid ook veel gouderts aanwezig, met in het verleden veel kleinschalige goudwinning.

Dit milieuonderzoek gaat over de winning, verrijking en bewerking van ijzererts in de pelletfabriek van Samarco Mineração S/A in Ponta Ubu. Met een 396 km lange pijpleiding wordt een slurry van ijzererts van het winningsgebied getransporteerd naar de pelletfabriek aan de kust. Op deze locatie wordt de erts van het water gescheiden en tot pellets verwerkt. Het effluent wordt geloosd in een kunstmatig meer (North Dam). Regelmatig stroomt dit meer over in de Mãe-Bá Lagune.

Het belangrijkste doel van de in dit proefschrift beschreven multidisciplinaire studie, was het onderzoek naar de mogelijke effecten van de winning en verwerking van ijzererts op de lokale milieuconcentraties van sporenelementen en de mogelijke ecologische gevolgen daarvan voor vis in de Mãe-Bá Lagune. Ter vergelijking werden ook vergelijkbare nabijgelegen lagunes onderzocht, die niet direct werden beïnvloed door de lozingen van de verwerkingsfabriek. In een aantal veldstudies werd de mogelijke invloed onderzocht van de uitstoot van metalen en sporenelementen (Fe, Mn, Al, Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd, As en Hg) op milieuconcentraties, de speciatie en de biologische beschikbaarheid in verschillende watersystemen (rivieren en lagunes) (Hoofdstuk 2). Daarnaast werden concentraties van sporenelementen bepaald in ongewervelden en vis om mogelijke bioaccumulatie en voedselketenoverdracht vast te stellen, alsmede mogelijke risico's voor de volksgezondheid bij de consumptie van deze vis (Hoofdstuk 2 en 3). Tenslotte werden mogelijk sublethale

veranderingen via biochemische 'markers' voor blootstelling en effecten onderzocht in de verschillende vissoorten uit de lagunes (Hoofdstuk 4 en 5).

De belangrijkste resultaten zijn:

a) De mijnbouw en verwerkingsactiviteiten vormen een mogelijke bron voor Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Pb, As en Hg in de Mãe-Bá lagune. Dit kan afgeleid worden uit de opgeloste concentraties van deze sporenelementen in water en de concentraties in sediment (Hoofdstuk 2).

b) De samenstelling van het water in the Mãe-Bá Lagune verschilt van die in de nabijgelegen lagunes. Op grond hiervan werd een verlaagde biologische beschikbaarheid voor opname door organismen voorspeld (Hoofdstuk 2). Dit was inderdaad in overeenstemming met de waargenomen hogere gehalten aan sporenelementen in ongewervelden en vis uit de nabijgelegen lagunes in vergelijking tot organismen uit de Mãe-Bá lagune (Hoofdstuk 2,3 en 4). Eveneens was dit in lijn met de geconstateerde aanwijzingen voor oxidatieve stress. In één van de vissoorten werd een duidelijk verhoogde lipid peroxidatie vastgesteld in de Mãe-Bá Lagune (Hoofdstuk 4).

c) Bij de studies naar accumulatie van sporenelementen in sediment, ongewervelden en vis werd gebruik gemaakt van stabiele isotopen ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) voor de karakterisering van hun trofische niveau en de positie in het voedselweb. De gehalten aan sporenelementen in ongewervelden en vissen waren significant negatief gecorreleerd met het trofische niveau (afgeleid uit $\delta^{15}\text{N}$), hetgeen een bevestiging is van de afwezigheid van biomagnificatie in de Mãe-Bá Lagune (Hoofdstuk 3).

d) Gehalten aan sporenelementen in de lever van vis waren vrijwel steeds hoger dan in spierweefsel en de kieuwen. De gehalten in alle beschouwde vissoorten voldoen aan nationale en internationale grenswaarden voor humane consumptie (Hoofdstuk 3).

e) Er werden geen eenduidige relaties tussen enerzijds de concentraties van sporenelementen in de lever van de verschillende vissoorten en anderzijds de niveaus van biomarkers voor oxidatieve stress vastgesteld. De onderzochte biomarkers waren lipid peroxidatie (malondialdehyde) en de parameters voor de antioxidant status (catalase, superoxide dismutase en glutathion S-transferase). Dit kan verklaard worden door een grote inter-individuele variatie in de niveaus van de parameters voor oxidatieve stress in de onderzochte vissoorten (Hoofdstuk 4).

f) Bij het onderzoek naar mogelijk effecten van de concentraties van Fe in de lever op de niveaus van de antioxidant Vitamine A werden opvallende soortspecifieke profielen van Vitamine A en derivaten (retinoïden) gevonden. Er werd echter in deze studie geen bewijs

gevonden voor een directe oorzaak-effect relatie tussen blootstelling aan effluent van winning en verwerking van ijzererts en effecten op het metabolisme van retinoïden in de lever (Hoofdstuk 5).

Samengevat kan gesteld worden dat er geen concrete aanwijzingen zijn voor het optreden van negatieve effecten op gezondheid en conditie van de vissoorten als gevolg van de blootstelling aan sporenelementen in de lagune onder invloed van periodieke lozingen van de winning en verwerking van ijzererts (Mãe-Bá Lagune).

SLOTOPMERKINGEN

Dit proefschrift beschrijft een studie naar de mogelijke effecten van de winning en bewerking van ijzererts op de blootstellingsconcentraties van sporenelementen in het watermilieu en mogelijke negatieve effecten op gezondheid en conditie van vissoorten in lagunes die direct door deze activiteiten worden beïnvloed (Mãe-Bá Lagune). Voor dit doel werd een multidisciplinaire benadering gevolgd. In verschillende veldstudies werden onderzocht:

- a) Milieuconcentraties van sporenelementen in water, sediment en verschillende soorten ongewervelden en vissen.
- b) De biologische beschikbaarheid, bioaccumulatie en mogelijke voedselketenoverdracht tussen ongewervelden en vissen.
- c) Blootstellingsconcentraties in weefsels en organen van vissen en mogelijke relaties met biomarkers voor blootstelling en effecten (oxidatieve stress en antioxidant status).

Samenvattend kan vastgesteld worden, dat de multidisciplinaire benadering zeer goed Voldeed om de mogelijke gevolgen van winning en bewerking van ijzererts op omgevingsconcentraties van sporenelementen te onderzoeken, evenals de mogelijke effecten op biomarkers voor blootstelling en effecten in vissoorten uit nabijgelegen lagunes. Het overall beeld uit de resultaten van deze studie is dat er geen concrete bewijzen zijn voor negatieve effecten op de gezondheid en conditie van de onderzochte vissoorten in relatie tot blootstelling aan sporenelementen in de Mãe-Bá Lagune. Hierbij moet worden aangetekend, dat de interpretatie van de gegevens bemoeilijkt wordt door enerzijds de grote soortspecifieke variaties in de respons van biomarkers voor blootstelling en effecten en anderzijds door het beperkte aantal individuen dat per soort bemonsterd kon worden.

Toekomstige studies, waarbij deze methodiek wordt toegepast moeten uitgaan van grotere aantallen individuen per soort en moeten maatregelen bevatten om te kunnen compenseren voor de mogelijke grote inter-individuele variaties van de parameters. Hierdoor kan het statistisch onderscheidend vermogen verbeterd worden.

Voor de continue monitoring van mogelijke negatieve milieueffecten van de winning en bewerking van ijzererts, wordt aanbevolen om uit te gaan van simultane monitoring van sporenelementen concentraties, waterkwaliteitskarakteristieken en trends in de gehalten van sporenelementen in lichaamsweefsels van vissen.