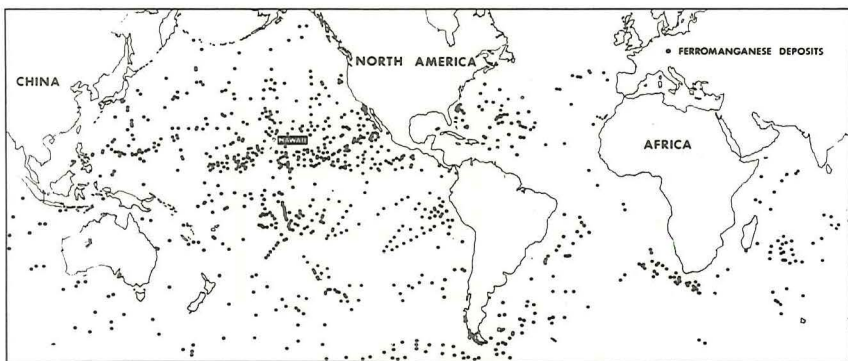


# OCEANDYBETS RÅSTOFFER —

## Manganknolde

af H. Kunzendorf

Allerede ved de klassiske dybhavsekspeditioner med det amerikanske skib "Challenger" i årene 1873-1876 fiskede man mørkebrune til sorte kartoffel-lignende knolde op fra bunden af Stillehavet. Det var de såkaldte manganknolde, som indeholder ret store mængder af metallerne mangan, jern, nikkel, kobber og kobolt. Siden har der været en voksende videnskabelig interesse for at klarlægge disse forekomsters oprindelse, men der gik cirka 100 år før man blev klar over manganknoldenes mulige økonomiske betydning. De indtil nu påviste forekomster af manganknolde, er vist på figur 1. Af kortet fremgår tydeligt, at hovedforekomsterne findes i det nordlige Stillehav, og at Hawaii-øerne vil kunne få en central betydning for udforskning og udnyttelse af forekomsterne.



Påviste mangan-nodul forekomster (efter R.Hörn, B.Hörn og M.N. Delach, 1972)

Figur 1.

Manganknoldene ligner, som sagt kartofler eller nyrer og kan være op til 25 cm i diameter. I gennemsnit er de imidlertid kun 2 til 4 cm store. Mindre manganknolde kan være vokset sammen. Et udvalg af manganknolde af forskellig størrelse fra forekomsterne i det nordlige Stillehav

er vist i figur 2. Mens flertallet af knoldene på dette foto er mørke, er to af dem lysere, fordi de er blevet tørret. I denne tilstand er de meget porøse og kan opsuge store mængder af for eksempel svovl. De menes derfor også at kunne være anvendelige ved løsningsproblemer. De manganrige knolde er ofte lette at erkende på deres sorte udseende, mens de jernrige knolde er mere brune.

Foruden de egentlige manganknolde findes der ofte manganrige skorpedannelser. Skorperne kan veje op til 50 kg. Den amerikanske havforsker Mero beretter endog om en skorpe på 850 kg - den er imidlertid ikke mere tilgængelig, fordi den blev sænket ned til havbunden igen efter prøvetagningen.

Skærer vi nogle manganknolde igennem - helst i våd tilstand fordi de er så skrøbelige - får vi et indtryk af opbygningen (figur 3). Inderst er der en kerne bestående af brudstykker af mørke vulkanske bjergarter, kiselrige skaller fra mikroorganismer, sedimenter, tænder fra hajer eller andre fisk (se figur 4) - og sjældnere, stenmeteoriter. Rundt om kernen er der i løbet af en relativ kort geologisk tid afsat koncentrisk manganjern forbindelser samt sedimentmateriale. Lige som vækstringe siger noget om træers alder, siger vækstlagene noget om manganknoldenes alder. Selv om den geologiske datering har givet noget forskellige tal, kan vi anslå væksten af en manganknold til cirka 10 mm per million år. Den højre manganknold i figur 3 har således en alder på cirka 20 millioner år.

Manganknoldene består foruden af ikke-krystallinsk materiale hovedsagelig af tre krystallinske komponenter, nemlig af det såkaldte - mangan-dioxid, af mineralet manganit med en lagdelt struktur og af mineralet goethit i de jernrige manganknolde. Det er i den lagdelte manganit, at metallerne nikkel, kobber og kobolt delvis kan erstatte mangan.

## MANGANKNOLDENES DANNEELSE

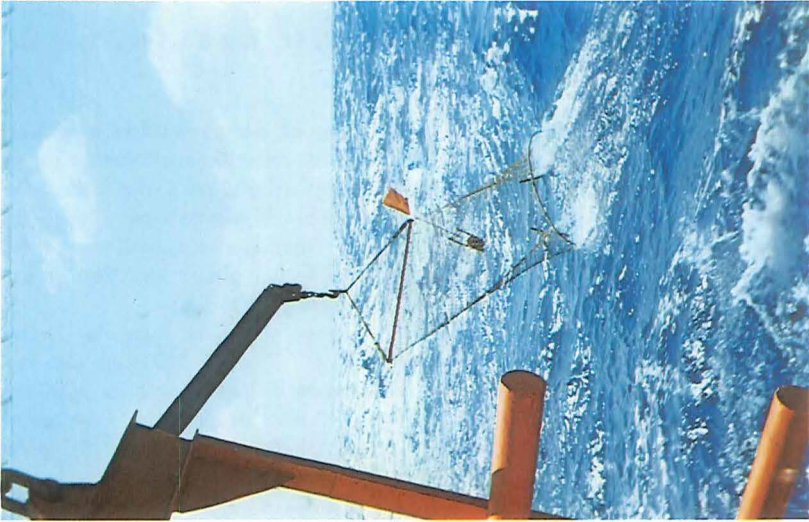
Manganknoldene er i meget snæver kontakt med dybhavssedimenter og havvand, som følgelig må antages at spille en afgørende rolle ved dannelsen af knoldene. Der er næppe tvivl om, at opløsning af krystallinske bjergarter fra land og på havbunden kan forklare de mangan- og jernkoncentrationer, der findes i havvandet, men det er stadig ikke klarlagt, hvordan grundstofferne bindes i manganknoldene. Det vil føre for langt at diskutere alle de fremsatte dannelses teorier. Der skal dog nævnes enkelte forklaringer: a) diffusion af mangan-joner fra havvandet ind i porerne på dybhavssedimenter, hvor de derefter udfældes, b) udfældning af ekstremt finkornet (kolloidal) mangan-dioxid i havvandet med følgende afsætning uden



Figur 3. Gennemskårne manganknolde. Om en kerne, bestående af brudstykker af ultrabasiske bjergarter (højre og nederste manganknold) eller siliciumrige skeletter (øverste venstre knold) er der aflejret koncentrisk mangangjern materiale samt sedimenter.



Figur 2. Manganknolde af varierende størrelse fra forekomsterne syd for Hawaii øerne. Bemærk at to af dem er tørtørret og derfor lysere.



Opfiskning af en fri-fald-griber, fyldt med manganknolde fra 5000 m's dybde, under et undersøgelsesstogt med forskningskibet "Valdivia" 1000 sømil syd for Hawaii.



Figur 4. Mangán-jern materiale afsat på hajtønder.

på forskellige hårde genstande via karbonat- og sulfatrige strømninger i havvandet, c) biologisk udskillelse af manganopløsninger i havvandet via dyr i plankton, og d) iltning af havvand ved hjælp af bakterier. Mero siger blandt andet, at hvis bakteriers medvirken kunne påvises, kunne dette forklare knoldenes lagstruktur og den relativt konstante tykkelse af de enkelte lag. De senere års undersøgelser tyder imidlertid på, at dannelsen af manganknolde på havbunden er en simpel udfældning af metaller fra havvandet. Mangan og jern og deres følgegrundstoffer (nikkel, kobber, kobolt) tilføres vandet gennem udludning af ultrabasiske bjergarter på havbunden samt tilførsel gennem varme kilder på bunden. Der må ved klarlægning af oprindelsen af manganknolde også tages hensyn til, at knoldene hovedsagelig forekommer i forbindelse med det røde eller brune dybhavsler, der også indeholder et stort antal meget små manganknolde (diameter mindre end 1 mm). Det kan desuden nævnes, at manganknoldene i Stillehavet i 80 % af tilfældene ligger i slam, der er meget rigt på siliciumrige, encellede organismer (radiolarier). Endelig mener man også, i hvert fald ved manganknolde forekomsterne syd for Hawaii, at vulkansk aktivitet muligvis kan have haft en indflydelse på dannelsen.

## HVAD KNOLDENE ANVENDES TIL -

### OG HVORDAN "BRYDES" MALMEN.

Den økonomisk orienterede udforskning af manganknolde blev særlig koncentreret i Stillehavet, fordi knoldene der synes at være rige på metallerne nikkel og kobber med et samlet vægtindhold på cirka 3 %. Det ligger langt over de indhold der i dag findes i brydeværdige nikkel- og kobbermalme på landjorden. Grove skøn over tonnagerne i Stillehavet fører til flere hundrede milliarder tons manganknoldemalm. Som særligt egnede områder for den undersøiske brydning betegnes i dag:

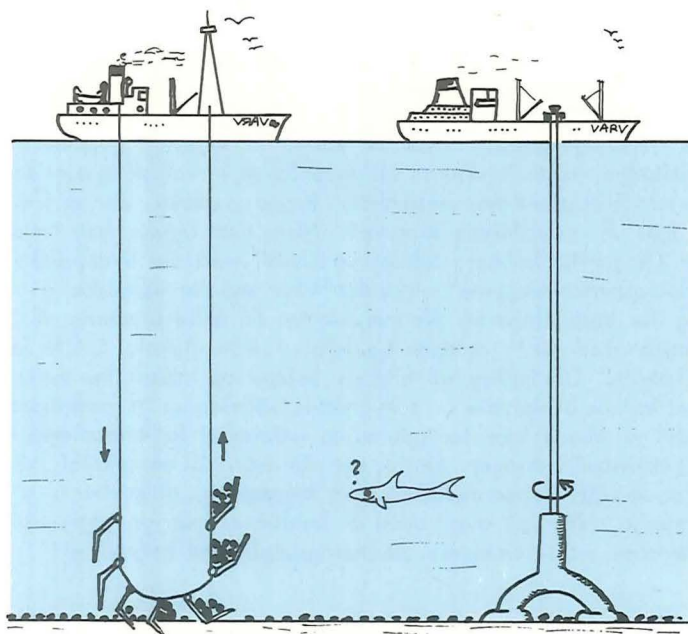
- 1) et område cirka 100 sømil syd for Mexicos vestkyst, hvor der findes manganknolde med en "belægningstæthed" på cirka 90000 tons per km<sup>2</sup> og hvor knoldene forekommer på en vanddybde af gennemsnitlig 4000 m.
- 2) et område cirka 1000 sømil syd for Hawaii med forekomster i en gennemsnitlig vanddybde på 5000 m og en "belægningstæthed" af cirka 5000 tons per km<sup>2</sup>.
- 3) et område cirka 500 sømil nordøst for New Zealand, hvor manganknoldene praktisk taget dækker hele havbunden.

Dannelseshastigheden af forekomsterne i det nordlige Stillehav angives i dag at ligge ved cirka 10 millioner tons per år. For nogle af metallerne i knoldene - for eksempel nikkel og mangan - er dannelseshastigheden større end verdens årlige forbrug af disse metaller. Det betyder, at vi her har den eneste malmforekomst i verden, der dannes hurtigere, end den for tiden forbruges.

Foruden at manganknoldene forekommer cirka 3-5000 m under vandoverfladen, er forekomsternes særlige kendetegn, at det er meget tynde lag. Brydningen kræver derfor også en helt ny teknik. Amerikanerne har foreslået et "støvsugersystem", hvorved knoldene suges op gennem et rør til vandoverfladen, mens japanerne vil anvende et mekanisk system baseret på skovle, monteret på et dybvandskabel. Begge systemer, der er vist skematisk i figur 5, er allerede afprøvet. Mens man regner med omkostninger på cirka 3 kr per kg kobber, nikkel og kobolt med det hydrauliske system, er "brydningsomkostningerne" cirka det halve ved det japanske system. Som grundlag for beregningerne går man ud fra en årlig brydning af 1 million tons knolde med 40 % mangan og jern, 1,6 % nikkel, 1,4 % kobber og 0,2 % kobolt. Udvinning af nikkel, kobber og kobolt fra manganknolde sker efter kendte principper - som gradvis udfældning af metalopløsninger. Som regel er denne form for udvinning imidlertid forbundet med høje anlægs- og driftsomkostninger. Derfor har man udviklet en speciel udludningsproces for de pågældende metaller, som bygger på, at kobber-, nikkel- og koboltionerne sidder på overfladen af knoldenes mangan-jern forbindelser. Denne metode skulle reducere udvindingsudgifterne betydeligt.

Brydning- og udvindingsomkostninger for 1 million tons knolde ligger ved cirka 150 millioner US dollars. Det er som regel langt mere end en enkelt minevirksomhed alene har råd til at investere. Der vil derfor dannes konsortier til undersøisk brydning omfattende flere store mineselskaber. For eksempel har det amerikanske Kennecott Copper Corp. allieret sig med Inco Corp., og Deepsea Ventures Inc. med japanske mineselskaber. Howard Hughes fra USA synes at være nået længst i kapløbet, idet han i starten af 1974 afprøvede skibet "Hughes Glomar Challenger", der udelukkende er konstrueret til brydning af manganknolde. Inden udgangen af 70'erne må man regne med, at i hvert fald 4 til 5 konsortier bestående af amerikanske, japanske, franske og tyske mineselskaber vil producere mangan, jern, kobolt, nikkel, kobber og zink fra manganknoldene.

Flaskehalsen i hele den undersøiske minedrift er de internationale aftaler om rettighederne til manganknolde forekomsterne på bunden af internationale farvande. FN-konferencen i Caracas i 1974 har ikke givet nogen større tilnærmelse mellem på den ene side industrilandene, der ønsker stabile politiske forhold for undersøisk brydning, og på den anden side udviklingslandene, der frygter, at de ikke selv har økonomisk grundlag og



Figur 5. Schematisk tegning af to afprøvede systemer til brydning af manganknolde, til højre det hydrauliske system foretrukket af amerikanerne.

"know how" til udvinding af metalforekomsterne på havbunden. Udviklingslandene ønsker et internationalt konsortium til at forestå den undersøiske brydning. De årlige indtægter fra en sådan international organisation anslår man til cirka 100 millioner US dollars per år, under forudsætning af at der brydes 3 millioner tons manganknolde per år og at 50 % af overskuddet ved minedriften går til organisationen. Man venter derfor spændt på resultaterne af anden del af FN's havrets-konference i Geneve i foråret 1975.