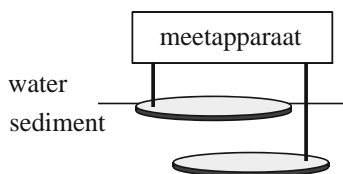


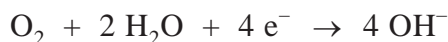
## Modderstroom

Sedimentbrandstofcellen zijn elektrische cellen op de zeebodem. Ze maken gebruik van verschillen in concentraties van stoffen in de zeebodem. Ze voorzien apparaatjes van stroom, zoals meetapparatuur in internationale wateren. Een sedimentbrandstofcel bestaat uit twee met het meetapparaat verbonden elektroden. Eén elektrode bevindt zich in de bovenste laag van het sediment, de andere iets dieper. In figuur 1 is een sedimentbrandstofcel schematisch weergegeven.

figuur 1



Aan de bovenste elektrode reageert zuurstof met water volgens



Aan de onderste elektrode reageert waterstofsulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ) in de bodem tot vast zwavel (S) en  $\text{H}^+$ .

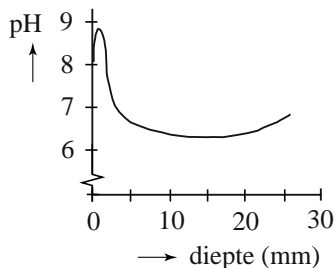
- 3p **7** Geef de vergelijking van de halfreactie van waterstofsulfide en geef de totaalvergelijking.
- 4p **8** Bereken hoeveel gram waterstofsulfide moet worden omgezet om een sedimentbrandstofcel een jaar lang een stroom van 1,0 mA te laten leveren. Je mag er in deze berekening van uitgaan dat er voldoende zuurstof aanwezig is. Gegeven:  $1 \text{ A} = 1 \text{ C s}^{-1}$ . Maak gebruik van Binas-tabel 7.

Lars Peter Nielsen, een onderzoeker uit Denemarken, heeft bodemmonsters uit de haven van Aarhus onderzocht om de werking van de sedimentbrandstofcel beter te begrijpen. Hij ontdekte dat het bovenste deel van de bodem uit drie sedimentlagen bestaat. In de bovenste laag (ruim 1 cm dik) is veel zuurstof aanwezig. Hier bevinden zich geen zwavel of zwavelverbindingen zoals waterstofsulfide. In de onderste laag is geen zuurstof aanwezig, maar bevinden zich wel zwavelverbindingen. In de middelste laag (1,2 à 1,9 cm dik) zijn veel organische verbindingen aanwezig die in een halfreactie met water reageren tot koolstofdioxide, waarbij  $\text{H}^+$  ontstaat.

- 2p **9** Geef de vergelijking van de halfreactie die in de middelste laag plaatsvindt. Geef de organische verbindingen weer met de algemene formule  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ .

Nielsen mat de pH op verschillende dieptes in het sediment. De resultaten van de metingen zijn weergegeven in figuur 2.

**figuur 2**



Onder andere uit deze resultaten concludeerde hij dat de halfreacties van zuurstof en waterstofsulfide gescheiden van elkaar plaatsvinden, ook als er geen sedimentbrandstofcel in de sedimentlagen aanwezig is.

3p **10** Leg uit waarom deze conclusie door de resultaten in figuur 2 ondersteund wordt.

Tussen de verschillende sedimentlagen bewegen ionen, afhankelijk van hun lading, naar boven of naar beneden.

2p **11** Leg uit of de positieve ionen in het sediment naar boven of naar beneden bewegen.

Nielsen ontdekte dat de afbraaksnelheid van  $H_2S$  in de onderste sedimentlaag direct veranderde als de concentratie zuurstof in de bovenste laag veranderde. Deze lagen moeten daarom wel via een snelle verbinding met elkaar in contact staan. Dit is niet te verklaren uit ionentransport omdat dat een te langzaam proces is. Blijkbaar vindt er een elektronenstroom plaats van de ene naar de andere laag. Hij bedacht hier twee mogelijke mechanismen voor:

- I. Het sediment bevat metaaldeeltjes die verantwoordelijk zijn voor het elektronentransport.
- II. Het sediment bevat bacteriën die onderling contact maken en voor elektronentransport zorgen.

2p **12** Beschrijf een experiment waarmee je kunt onderzoeken of bacteriën betrokken zijn bij de stroomgeleiding.