

## Battolyser

Elektriciteit kan duurzaam worden opgewekt met behulp van energie van de zon of de wind. De hoeveelheid energie uit deze bronnen is echter niet constant. Daarom is onderzocht of een tijdelijk energie-overschot kan worden opgeslagen voor gebruik op momenten dat er weinig zon of wind is. Afhankelijk van de termijn tussen de productie en het gebruik van de energie, is een andere vorm van opslag geschikt:

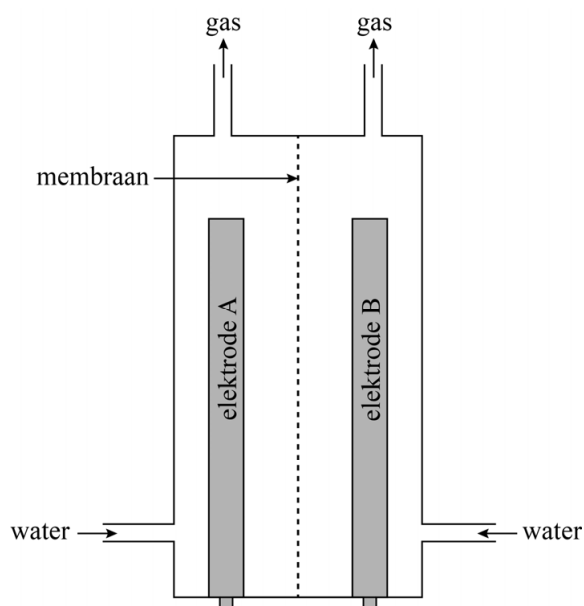
- korte termijn (dag-nacht): opslag in een batterij;
- lange termijn (weken-seizoenen): opslag in een brandstof.

De 'battolyser', die ontwikkeld is aan de TU Delft, kan energie opslaan in een batterij en eveneens waterstof produceren door elektrolyse van water.

- 2p 7 Geef aan welke energieomzetting plaatsvindt bij de elektrolyse van water. Noteer je antwoord als volgt:  
... energie wordt omgezet tot ... energie.

De battolyser is schematisch weergegeven in figuur 1. De battolyser bestaat uit twee ruimtes die gescheiden zijn door een membraan. Het membraan is doorlaatbaar voor hydroxide-ionen. De ruimtes zijn gevuld met een zeer basische oplossing van kaliumhydroxide en bevatten elk een elektrode. Elke ruimte bevat ook een buis waardoor een gas wordt afgevoerd en een buis waardoor water kan worden aangevuld.

figuur 1



Bij het gebruik van de batterij zijn twee fasen te onderscheiden: de energieopslag en de energielevering.

### Energieopslag

Wanneer de batterij wordt opgeladen, wordt energie opgeslagen. Het proces dat hierbij plaatsvindt, kan met de volgende vergelijking worden weergegeven (reactie 1):



NiO(OH) kan beschouwd worden als opgebouwd uit nikkellionen, oxide-ionen en hydroxide-ionen. In NiO(OH) komen twee bindingstypen voor.

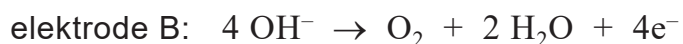
2p 8 Geef de namen van deze twee bindingstypen.

Op de uitwerkbijlage is het energiediagram van reactie 1 nog onvolledig weergegeven. In dit energiediagram ontbreken het niveau van de geactiveerde toestand en het niveau van de reactieproducten.

2p 9 Maak op de uitwerkbijlage het energiediagram van reactie 1 af door de ontbrekende energieniveaus weer te geven met de bijbehorende bijschriften.

1p 10 Geef in het energiediagram de reactiewarmte van reactie 1 aan.

IJzer en NiO(OH), die ontstaan tijdens het opladen van de batterij, zijn katalysatoren voor de elektrolyse van water. Daardoor wordt in de battolyser, wanneer de batterij al voor een deel opgeladen is, netto water omgezet volgens de volgende halfreacties:



De gevormde waterstof kan vervolgens worden gebruikt als (grondstof voor) brandstof.

- 2p 11 Laat zien aan de hand van de gegeven vergelijkingen van de halfreacties, dat netto water wordt omgezet.

De eerste battolyser werd anderhalf jaar lang getest. In totaal werd in deze periode 1,41 kg water omgezet.

- 3p 12 Bereken hoeveel gram waterstof maximaal kan ontstaan uit 1,41 kg water. Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.

### Energielevering

Wanneer meer elektrische energie nodig is dan met behulp van zon of wind wordt opgewekt, kan de battolyser deze energie leveren. Tijdens dit proces treden de volgende halfreacties op:

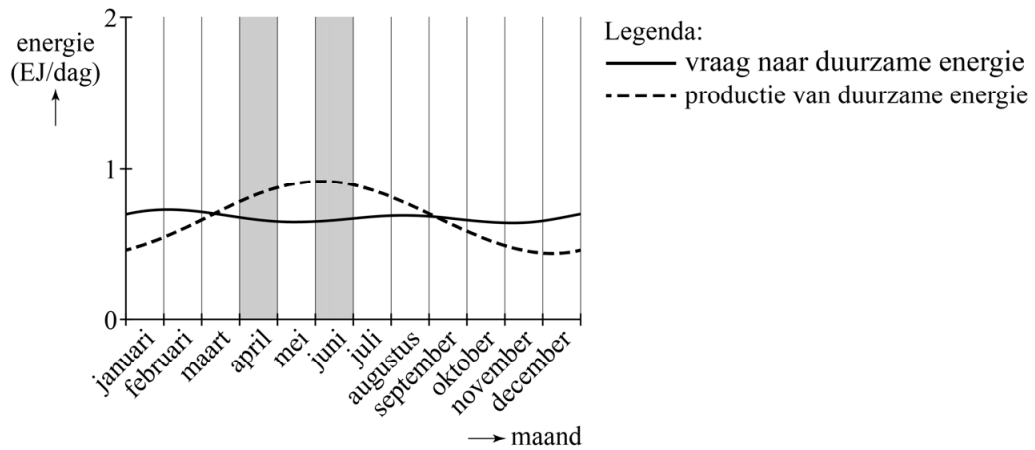


Op de uitwerkbijlage is de battolyser nogmaals schematisch weergegeven. In deze figuur ontbreekt een stroomdraad.

- 2p 13 Geef in de figuur op de uitwerkbijlage aan waar en in welke richting de elektronen en hydroxide-ionen zich verplaatsen tijdens het leveren van elektrische energie door het tekenen van:
- een lijn met het bijschrift stroomdraad
  - een pijl met het bijschrift  $\text{e}^-$
  - een pijl met het bijschrift  $\text{OH}^-$

Aan de TU Delft is een model ontwikkeld waarmee de productie van energie uit zon en wind en de vraag naar duurzaam opgewekte energie zijn geschat. In figuur 2 is een van deze schattingen in een diagram weergegeven. In het diagram zijn het verloop van de gemiddelde hoeveelheid geproduceerde energie en de gemiddelde vraag naar deze energie in 2050 opgenomen.

**figuur 2**



2p **14** Leg uit, aan de hand van figuur 2, in welke maand de battolyser de meeste waterstof zal produceren: in april of in juni.

De eerste battolyser had de grootte van een stoeptegél. Bij het vervolgonderzoek krijgt de nieuwe battolyser de grootte van een zeecontainer. Door deze schaalvergroting nemen de risico's toe die samenhangen met het gebruik van de battolyser.

1p **15** Geef een risico dat door de schaalvergroting toeneemt.

uitwerkbijlage

9 en 10



13

