

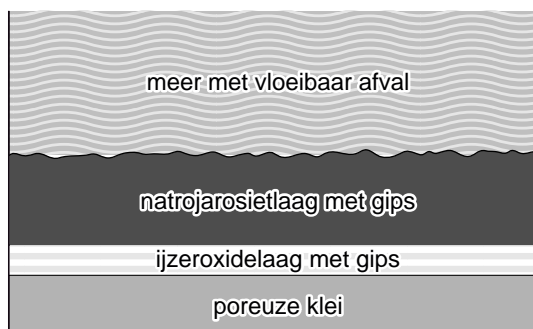
Zwavelzuurmeer

In sommige industriële processen ontstaat gevaarlijk zuur afval. Wanneer verwerking van het afval niet mogelijk is, kan het soms worden opgeslagen. Uit onderstaande samenvatting van een artikel over afvalopslag in de Oekraïne blijkt, dat hierbij het klimaat en de samenstelling van de bodem een rol kunnen spelen. De vraag is of in Nederland een dergelijke vorm van afvalopslag mogelijk is.

tekstfragment

- 1 De TiO_2 -fabriek 'Titan' in Armyansk (Oekraïne) loost haar vloeibaar afval, dat
- 2 onder andere zwavelzuur bevat, in een afgedamd deel van een ondiep meer.
- 3 Het afgedamde deel heeft een oppervlakte van ongeveer 42 km^2 en een
- 4 gemiddelde diepte van $1,3 \text{ m}$. Per jaar wordt $1,1 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ vloeibaar afval geloosd.
- 5 Het volume van het meer blijft gelijk doordat de lozingen, de neerslag en de
- 6 verdamping met elkaar in evenwicht zijn. Het afgedamde deel van het meer
- 7 heeft inmiddels een pH van $0,85$.
- 8 De bodem van het meer bestaat uit poreuze klei, dat veel calciëet (CaCO_3) bevat.
- 9 Het bodemvocht in de poriën van de klei heeft een pH van rond de $6,2$. Dit pH-
- 10 verschil is mogelijk doordat het calciëet reageert met het vloeibare afval, dat ook
- 11 ijzerionen bevat, tot natrojarosiet en gips. Tussen de natrojarosiet en de klei is
- 12 bovendien een harde laag van ijzeroxide en gips ontstaan, die het natrojarosiet
- 13 afsluit van de onderliggende klei. Hierdoor kan het afvalzuur niet doorsijpelen
- 14 naar het grondwater.

Hieronder worden het meer en de daaronder liggende bodemlagen schematisch weergegeven.



De pH in het meer wordt vooral door de lozingen, maar ook door het klimaat beïnvloed (regel 5 en 6).

- 2p **29** Leg uit dat de pH in het meer meer blijft dalen zolang de fabriek haar afval erin loost. Verwerk in je antwoord de invloed van de neerslag, verdamping, lozing en het volume op de pH.

In het afgedamde deel van het meer is geen leven mogelijk. In de rest van het meer (het niet-afgedamde deel) is nog wel leven mogelijk. Kennelijk is de dam die als afscheiding is gebouwd (regel 2), bestand tegen de zure inhoud van het meer. Het totale meer heeft een oppervlakte van $2,6 \cdot 10^3 \text{ km}^2$.

- 4p **30** Bereken de pH in het totale meer wanneer de dam zou doorbreken. Ga er bij de berekening vanuit dat:
- de gemiddelde diepte van het hele meer 1,3 m is;
 - het meer achter de dam uit zuiver water bestaat;
 - de inhoud van het meer volledig mengt;
 - en het zuur niet reageert (met bijvoorbeeld de klei) achter de dam.

Het hoofdbestanddeel van gips (regel 11) is calciumsulfaat.

- 3p **31** Geef de vergelijking van de vorming van calciumsulfaat uit calcië en een oplossing van zwavelzuur. Hierbij ontstaan nog twee andere stoffen.

De formule van natrojarosiet (regel 11) is $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$.

De lading van de ijzerionen in natrojarosiet is gelijk aan de lading van de ijzerionen in het gevormde ijzeroxide in de ijzeroxidelaag.

- 2p **32** Leid de lading af van de ijzerionen in $\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$.
1p **33** Geef de formule van het ijzeroxide.

In de Nederlandse industrie ontstaat ook afvalzuur. Toch is het ondenkbaar dat dit wordt opgeslagen in een Nederlands afvalzuurmeer.

- 2p **34** Geef twee redenen die duidelijk maken dat in Nederland afvalzuur niet in een meer zal worden opgeslagen.