

Sulfaattipitoisten teollisuusvesien käsittelyratkaisut

27.11.2023

TkT Hanna Virpiranta

Kemiallinen prosessitekniikka, Oulun yliopisto



Sulfaatin poisto teollisuusvesistä

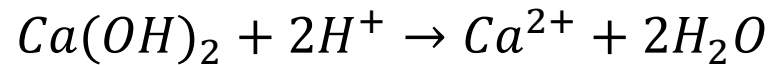
- Kipsisaostus
- Kiteyttäminen
- Kalvosuodatusmenetelmät
- Ioninvaihto
- Biologinen sulfaatinpelkistys



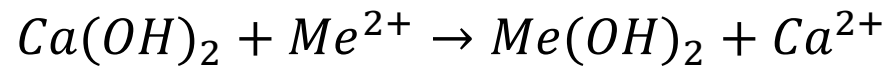
Kipsisaostus

- Sulfaattijäännös 1500–2000 mg/L

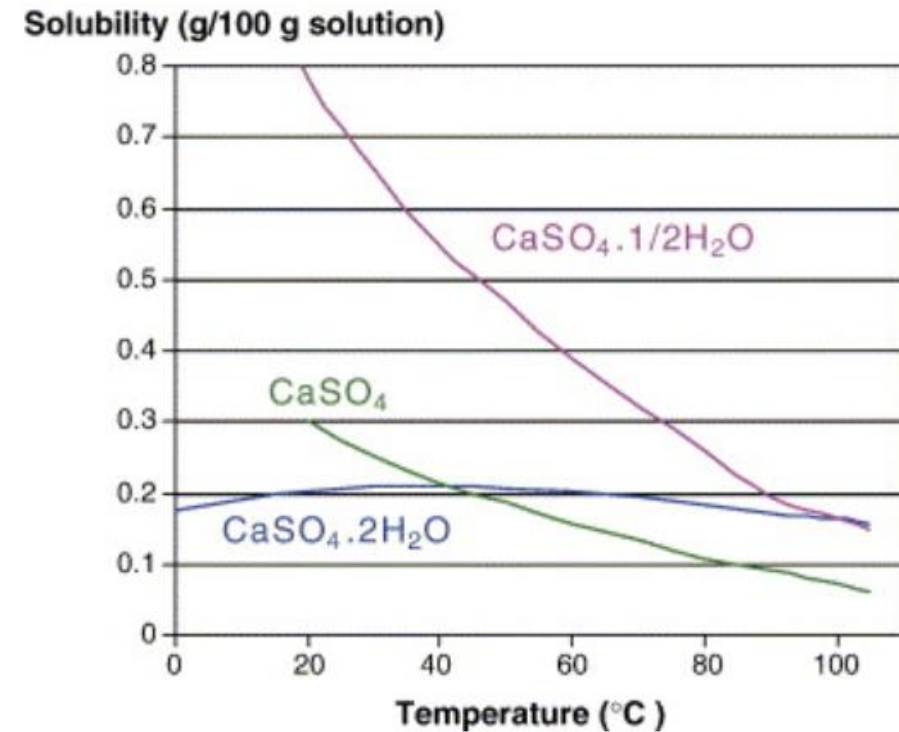
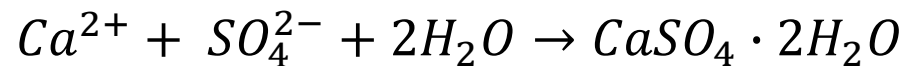
Happamuuden neutralointi:



Metallien saostuminen:



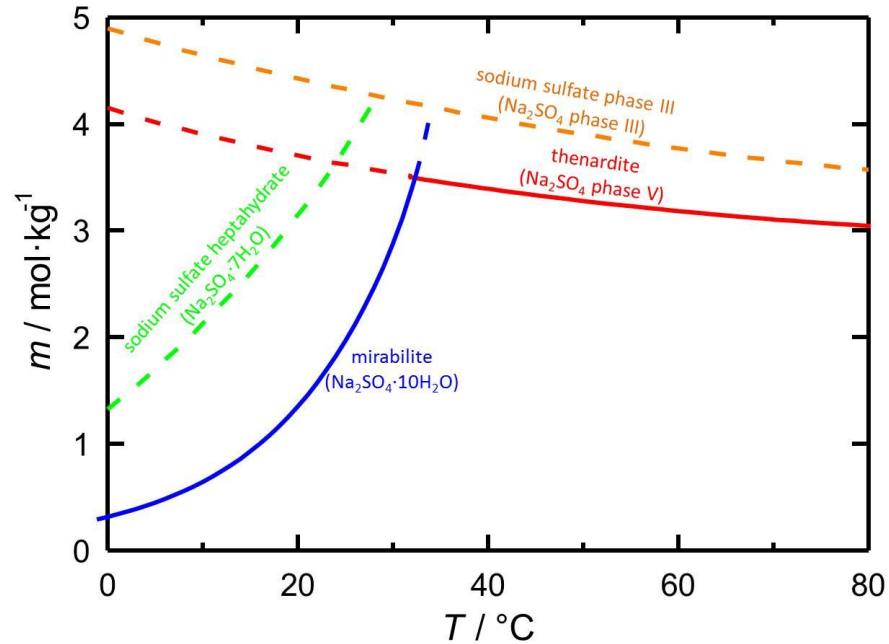
Sulfaatin saostuminen:



Hoang et al. 2007



Kiteyttäminen



Steiger et al. 2008

– Haihdutuskiteytys

- Korkea lämpötila + alipaine
- Väkevä Na_2SO_4 -liuos
- Jäähdytys
- Kiteytynyt $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$

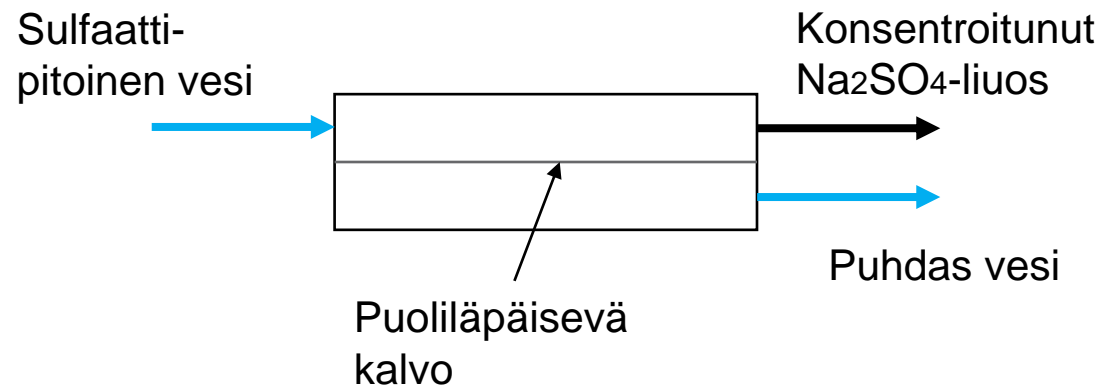
– Jäädytyskiteytys

- 60–85 % pienempi energiankulutus
- Jää
- Kiteytynyt $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$

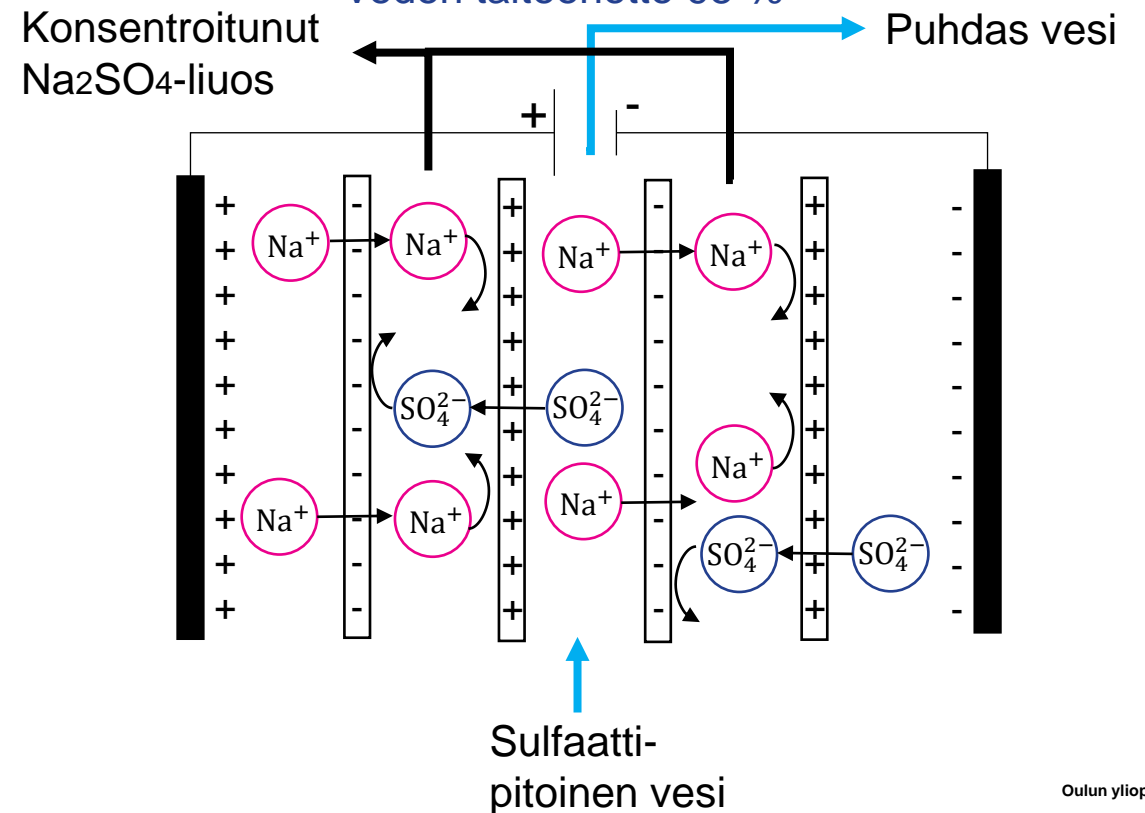


Kalvosuodatusmenetelmät

- Nanosuodatus
 - Huokoskoko 1–2 nm
 - Paine-ero 5–15 bar
 - Sulfaatin poisto > 95 %
- Käänteisosmoosi
 - Huokoskoko 0,1–1 nm
 - Paine-ero 15–100 bar
 - Sulfaatin poisto > 99%

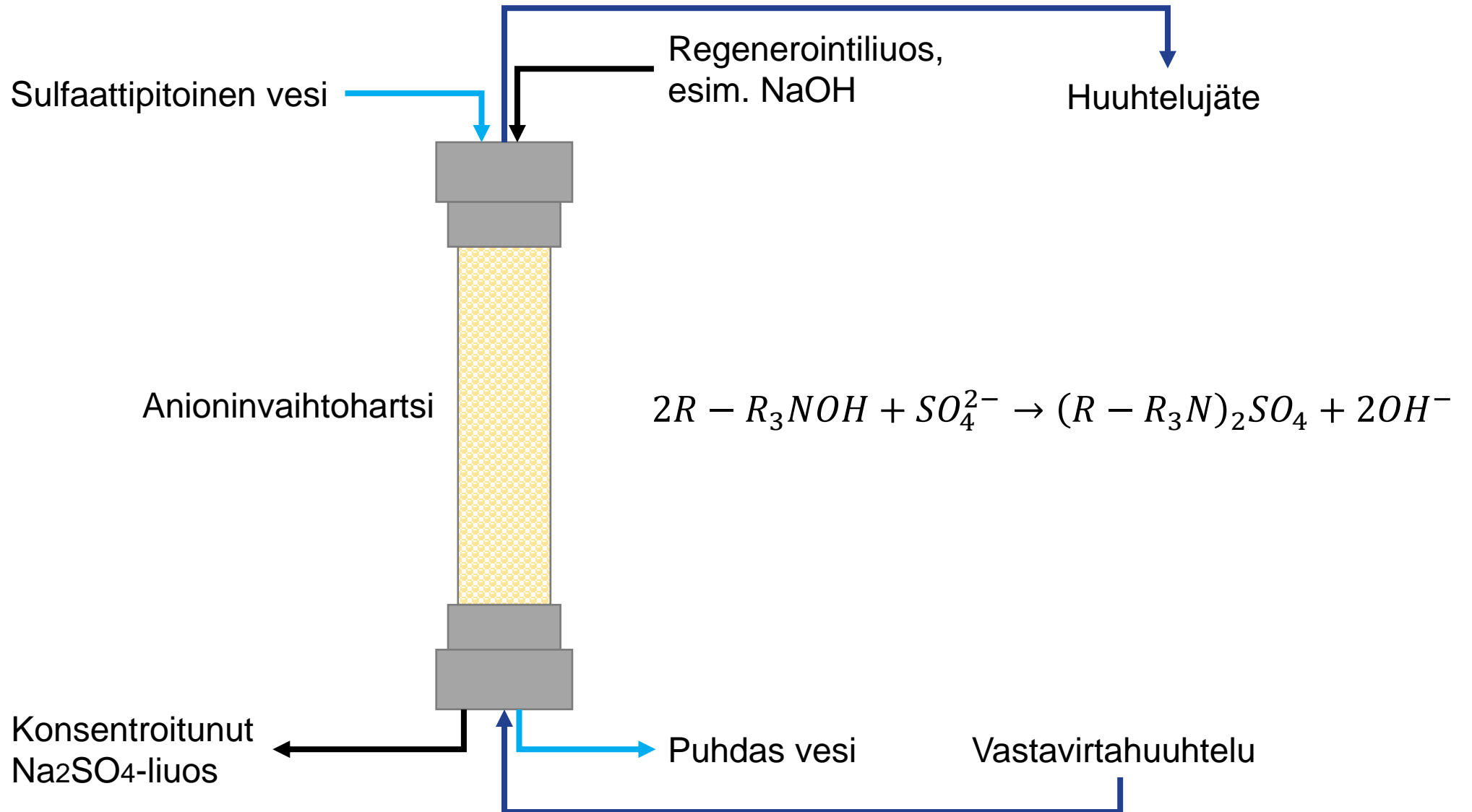


- Elektrodialyysi
 - Jännite-ero + anioni- ja kationiselektiiviset kalvot
 - Sulfaatin poisto 98–99 %
 - Veden talteenotto 95 %





Ioninvaihto

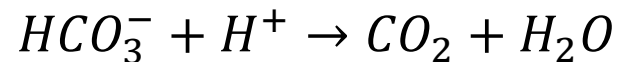




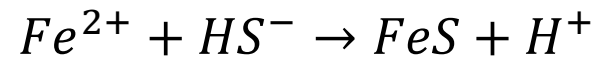
Biologinen sulfaatinpelkistys



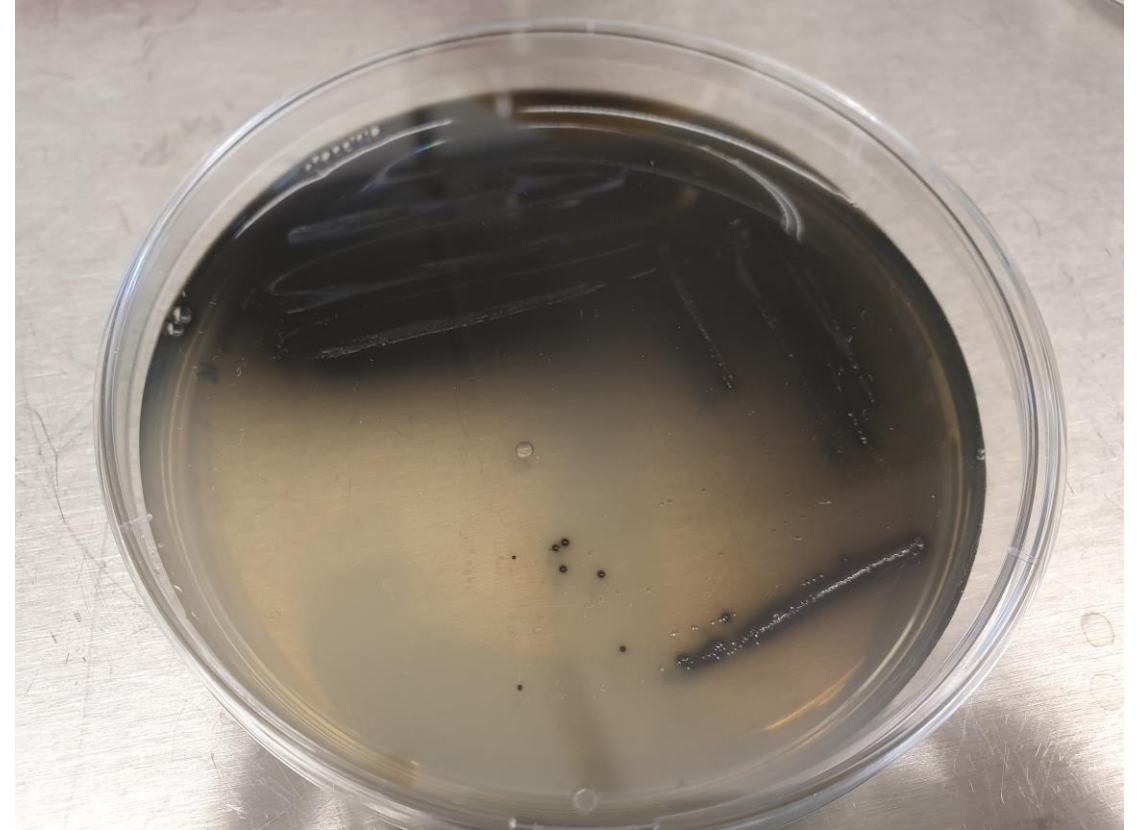
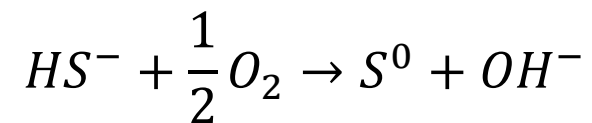
Happamuuden neutralointi:



Metallien saostuminen:



Sulfidin hapettaminen:





Sulfaatinpelkistys- tutkimukset



1. Kylmänsietokykyisten sulfaatinpelkistäjäbakteerien (SRB) rikastaminen ja eristäminen pohjoiselta alueelta kerätystä maaperänäytteestä.



2. Rikastetun SRB-kasvuston kyky hyödyntää yksinkertaisia ja monimutkaisia orgaanisia hiilenlähteitä.



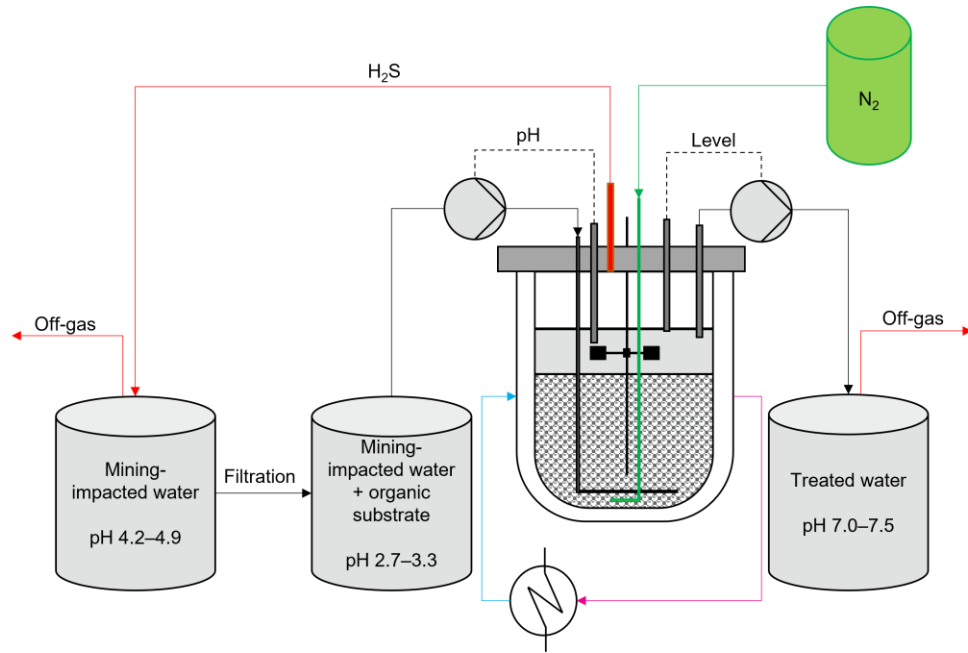
3. Aitojen kaivosvesien käsittely jatkuvatoimisessa sulfidogeenisessä biofilmireaktorissa.



4. SRB-kasvuston testaaminen sulfaatin poistoon käytetyn ioninvaihtokolonnin regenerointiin.



Kaivosvesien käsittely jatkuvatoimisessa biofilmireaktorissa



Virpiranta et al. 2022





Teollisuusvesistä biokaasua ja arvokomponentteja VESITAR

- Tutkimuskohteena elintarvike-, kaivos- ja metsäteollisuudesta peräsin olevat vedet
 - metallien ja ravinteiden talteenotto
 - orgaaninen aines biokaasuksi
 - ravinteet mikroleviksi



**Euroopan unionin
osarahoittama**





Yhteenveto

- Kipsisaostus
 - Kipsiliete
 - Sulfaattijäännös 1,5–2 g/L
 - Yksinkertainen, edullinen, hyvin tunnettu menetelmä
- Kiteyttäminen
 - Kiinteä $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$ tai väkevä Na_2SO_4 -liuos
 - Energiankulutus
- Ioninvaihto ja kalvosuodatusmenetelmät
 - Väkevä Na_2SO_4 -liuos
 - Käyttökustannukset: kalvojen likaantuminen ja energiankulutus
- Biologinen sulfaatinpelkistys
 - H_2S alkuainerikin/rikkihapon valmistukseen
 - Käyttökustannukset: mikrobien hiilenlähde