



Waar water en bodem botsen

Een praktijkcasus met Molybdeen en ?

BodemBreedForum

John van Tol & Charles Pijls

20 juni 2024



Waarom deze presentatie over Molybdeen?

- Op vrij grote schaal gebruikt in de industrie:
 - Metaal/staallegeringen
 - Katalysatoren in petrochemische industrie (ontzwaveling)
 - Anticorrosiemiddelen
 - Pigmenten (verf, inkt, plastics en rubber)
 - Brandvertragers
 - Smeermiddelen
- Ook diffuse bronnen zoals:
 - AVI bodemas en vliegass
 - Meststoffen
- Zeer mobiel in de bodem -> vaak vrij grote potentie voor uitstroom naar oppervlaktewater
- Oppervlaktewater (PBL, 2014):
 - Uit KRW monitoring oppervlaktewater volgt dat 99% van de (177) onderzochte waterlichamen voldoet aan de normen.
 - Meer dan 500 waterlichamen waren echter niet beoordeeld op Molybdeen
 - Sinds ? geen “specifiek verontreinigende stof” meer

Kortom: Molybdeen komt (vermoedelijk) vrij veel voor in grondwater en is erg mobiel maar is het ook echt een probleem voor het milieucompartiment water?

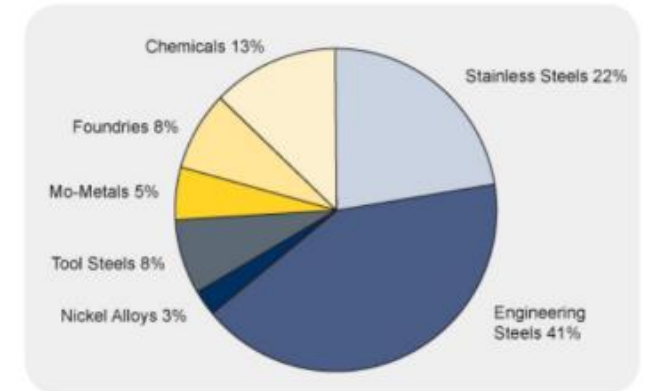
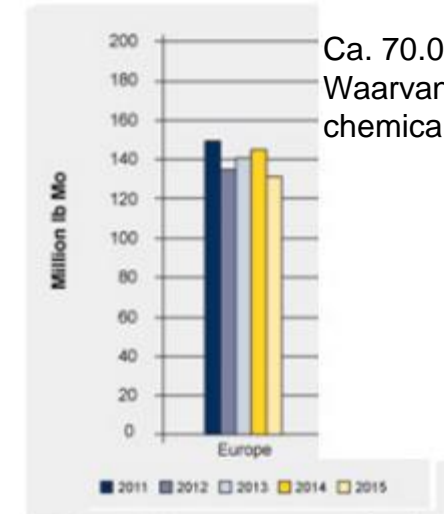


Fig. 3 Use of Molybdenum produced from mined ore [1] and worldwide by industries

Bron: IMO A



Ca. 70.000 ton/jr in EU
Waarvan ca. 7.000 ton/jr aan chemicaliën

Fig. 4 Mo consumption in Europe [9]

Bron: IMO A

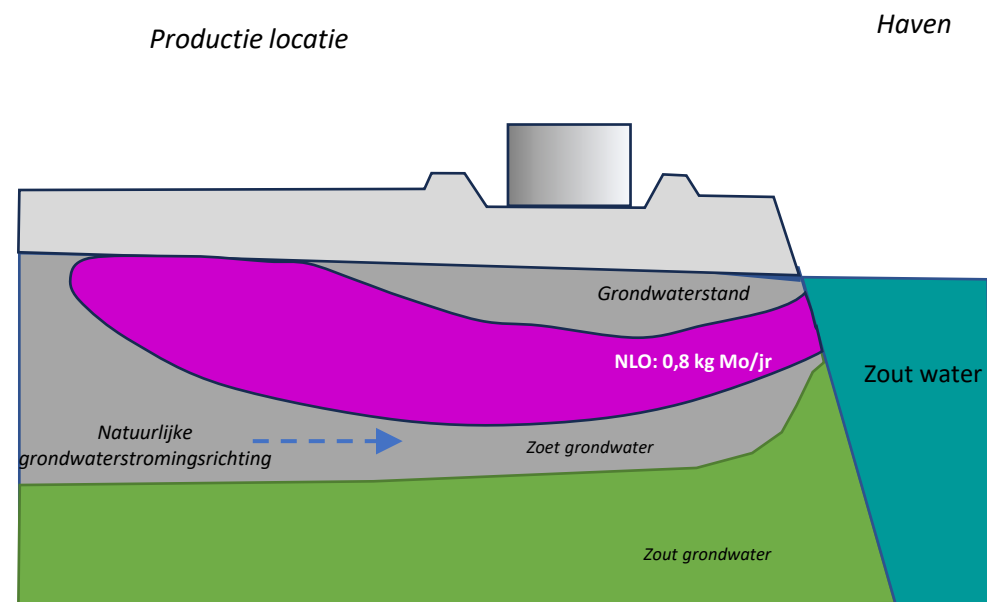
Situatie


- Bedrijfsterrein Rotterdamse Haven, Locatie omgeven door brak/zout oppervlaktewater
- Grondwaterverontreiniging met Molybdeen en Sulfaat a.g.v. van incidenten met molybdeenhoudend proceswater en opslag molybdeenhoudend materiaal in voormalige procesinstallatie
- Boven- en ondergrond niet significant verontreinigd, alleen grondwaterverontreiniging > I-waarde
- Nieuw geval van verontreiniging -> kader is Wm zorgplicht
- Ca 50 kg vracht Molybdeen in grondwater
- Verontreinigde gebied ca 600.000 m³ bodemvolume
- Aanpak:
 - Fase 0 Grondwateronttrekkingsproef
 - Fase 1 Grondwateronttrekking voor bronverwijdering
 - Fase 2 Vervolgstappen

I-waarde grondwater Mo	300 µg/l
AW-waarde grondwater Mo	5 µg/l
Lozingseis Mo	100 µg/l
JG MKN (zoet)	136 µg/l
MAC-MKN (zoet)	340 µg/l



Molybdeen grondwaterverontreiniging



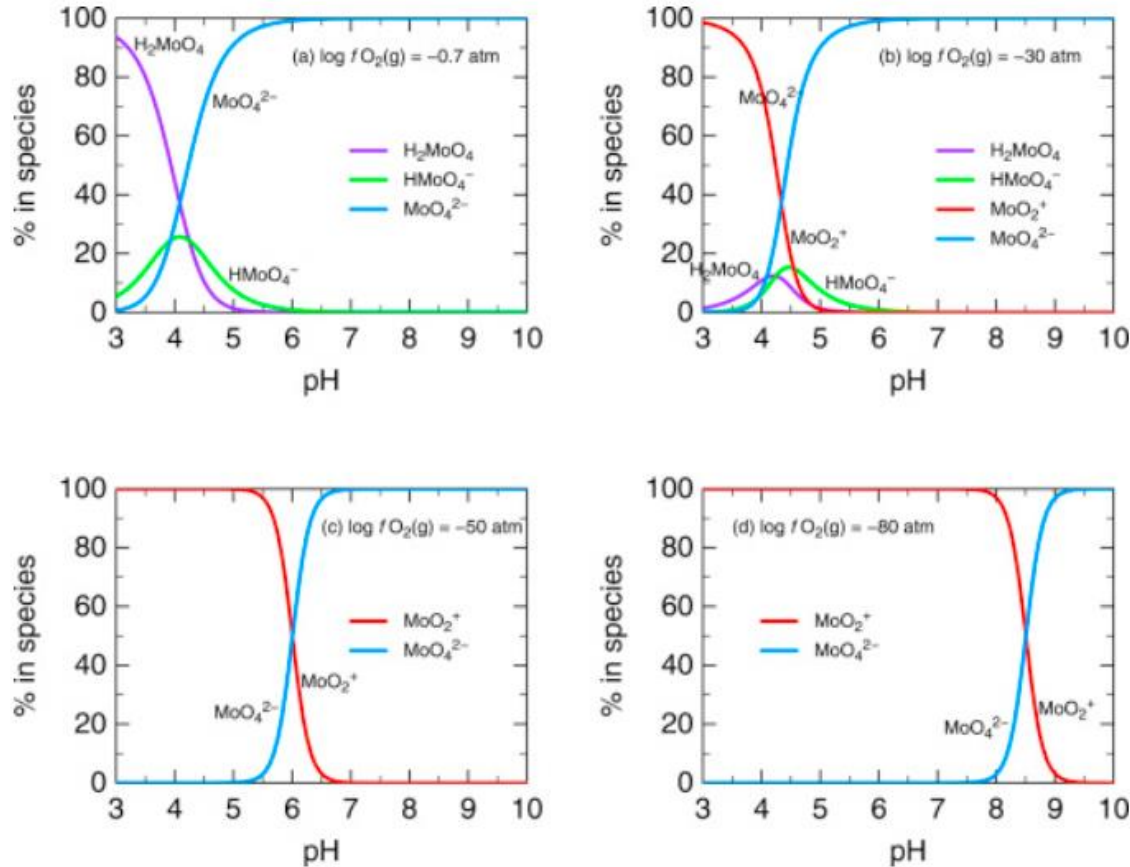
 I-waarde

 Streefwaarde

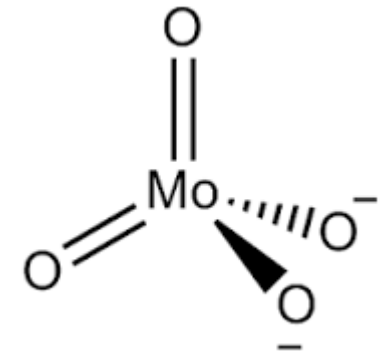


Molybdeen in grondwater

Speciatie afhankelijk van pH en redoxcondities



Anaeroob en neutrale/hoge pH



Molybdaat anion



Negatief geladen -> slechte adsorptie !

Smedley & Kinniburgh, 2017 (<https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.05.008>)



Grondwaterzuivering Fase 1

Opties grondwaterzuivering:

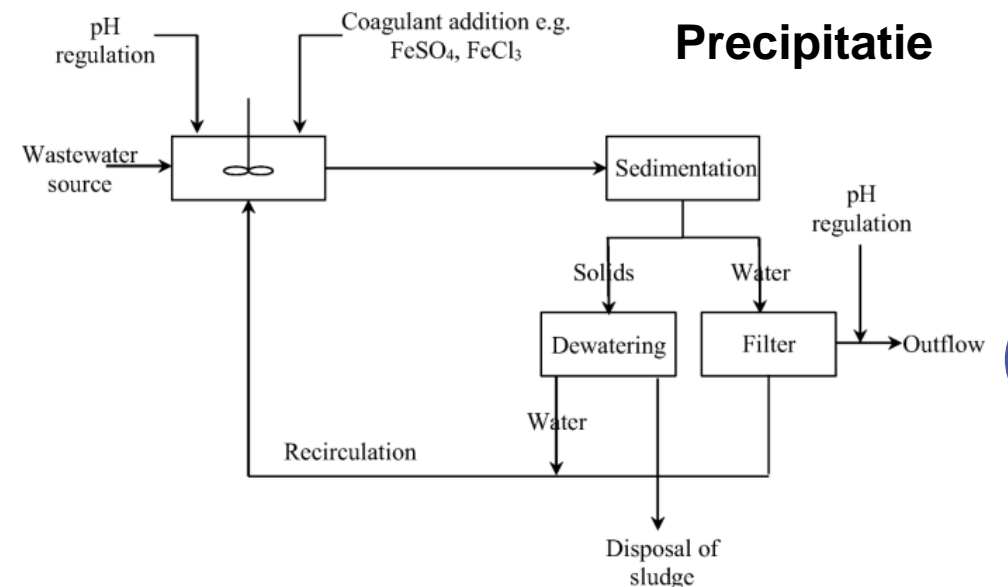
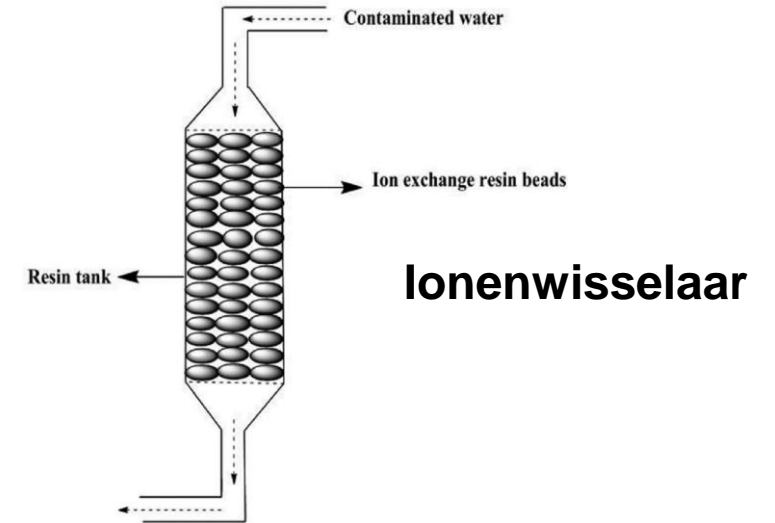
1. Ionenwisselaar

- Kan hoog rendement halen bij hoge concentraties Molybdeen
- Rendement bij onttrokken concentraties is echter laag (proefonttrekking rendement < 30%)

2. Precipitatie unit bedrijfseigen proceswater aanwezig

- Rendement ca 50-55 %

-> Keuze voor precipitatie unit



Aanpak Fase 0/1

Fase 0

- Aanleg saneringssysteem en grondwateronttrekkingsproef uit brongebied
- 3 deepwells, elk ca 1 m³/uur, totaal 3 m³/uur
- Doel : bepalen concentraties Molybdeen in onttrekkingswater en rendement ionenwisselaar
- Proefonttrekking toont aan:
 - Gemiddelde influentgehalte Mo ca 130 µg/l
 - Rendement met ionenwisselaars zeer laag (< 30 %)

Fase 1

- Grondwateronttrekking uit brongebied gedurende 1 jaar
- Lozingseis in overleg met RWS vastgelegd op 100 µg/l Mo (net onder gemiddelde influentconcentratie van 130 µg/l en JG-MKN van 136 µg/l)
- Grondwaterzuivering noodzakelijk -> obv proefonttrekking gekozen voor precipitatie



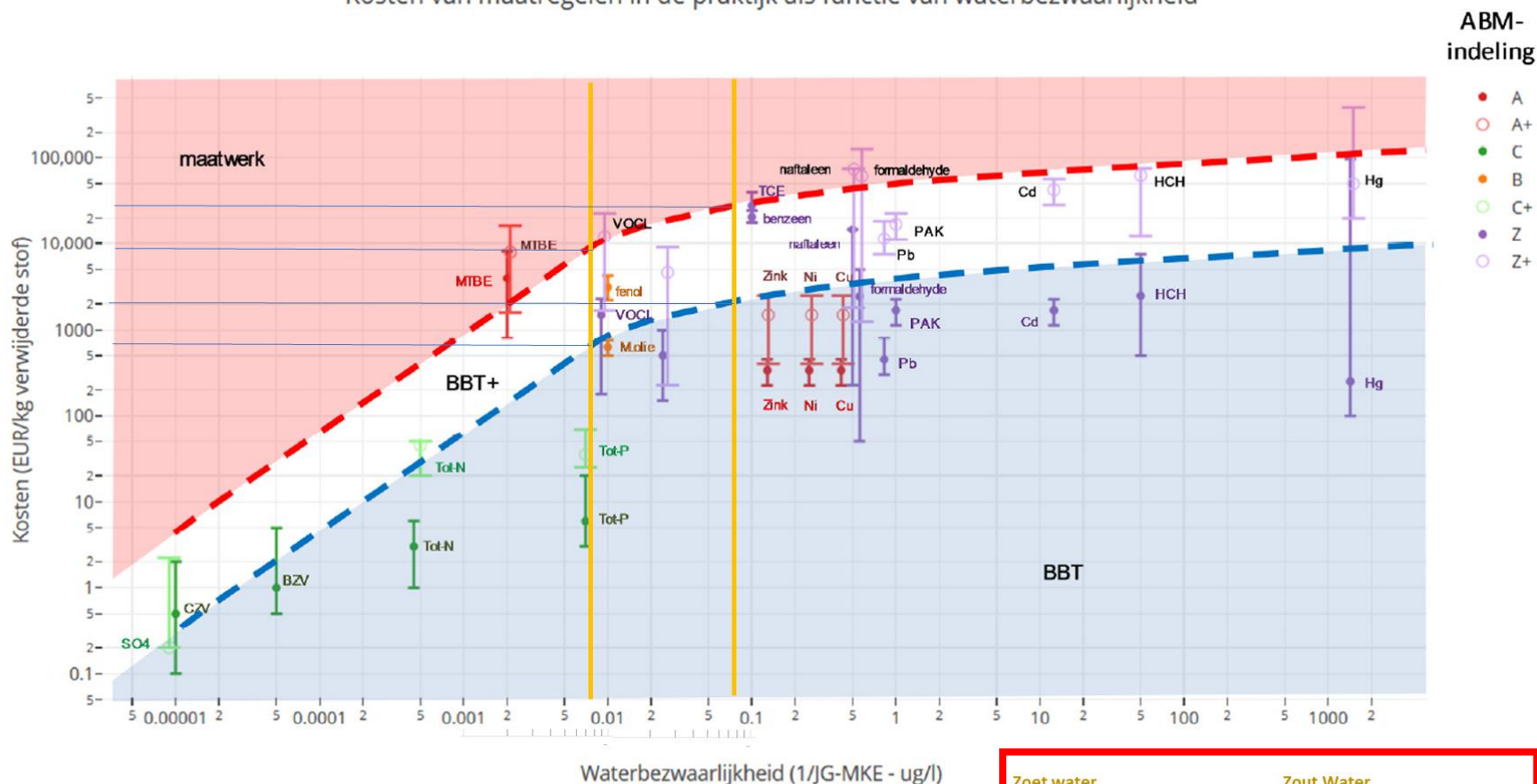
Stand van zaken na Fase 1

- Resultaat onttrekking Fase 1 (na 12 maanden onttrekken)
 - Concentraties peilbuizen grondwater < I-waarde (300 µg/l)
 - Concentratie in onttrekkingswater dicht bij lozingseis 100 µg/l
 - Zuiveringsrendement 55% voor Molybdeen
 - Restlozing naar het oppervlaktewater 1,5 kg/jr Mo.
 - In 12 mnd. circa 3 kg (ca. 6 %) Mo van totaal vracht van 50 kg verwijderd
 - Saneringskosten circa € 130.000,- (ex. BTW);
 - Kosten circa 87.000 EUR/kg Mo
- Grondwateronttrekking lijkt niet erg doelmatig :
 - Geringe vrachtverwijdering tegen hoge kosten
 - Rendement waterzuivering is laag t.o.v. Kosteneffectiviteitsdrempels ABM
 - Restlozing na zuivering (1,5 kg/jaar) is groter dan NLO (0,8 kg/jaar)



Kosten in verhouding tot BBT lozing oppervlaktewater toets

Kosten van maatregelen in de praktijk als functie van waterbezwaarlijkheid



Kosteneffectiviteit van maatregelen ter beperking van waterremissies

(Invulling BBT en BBT+)

Datum Status 2018 definitief

Zoet water	Zout Water
Molybdeen JG-MKN = 136 µg/l	Molybdeen JG-MKN = 13,6 µg/l
1/JG-MKE = 0,0074	1/JG-MKE = 0,074
BBT = EUR 700 per kg	BBT = EUR 2.000 per kg
BBT + = EUR 9.000 per kg	BBT + = EUR 30.000 per kg

De met een + aangegeven punten betreffen BBT+ technieken

Waar een stofgroep meerdere normen kent, is uitgegaan van een gemiddelde JG-MKE

De punten in de grafiek geven de meest realistisch geachte kosten weer

De balken de range van kosten die is aangetroffen in diverse cases, literatuur en referentie-ontwerpen

Voor ecologische parameters (N en P) en C-stoffen (bijv. chloride) kan de beoordeling van een lozing afwijken van die voor (milieubezwaarlijke) chemische parameters. Derhalve is de blauwe lijn voor deze stoffen als vertrekpunt voor het vaststellen van in rede te verlangen kosten voor BBT+ minder geschikt.

Evaluatie mogelijkheden fase 2

Opties :

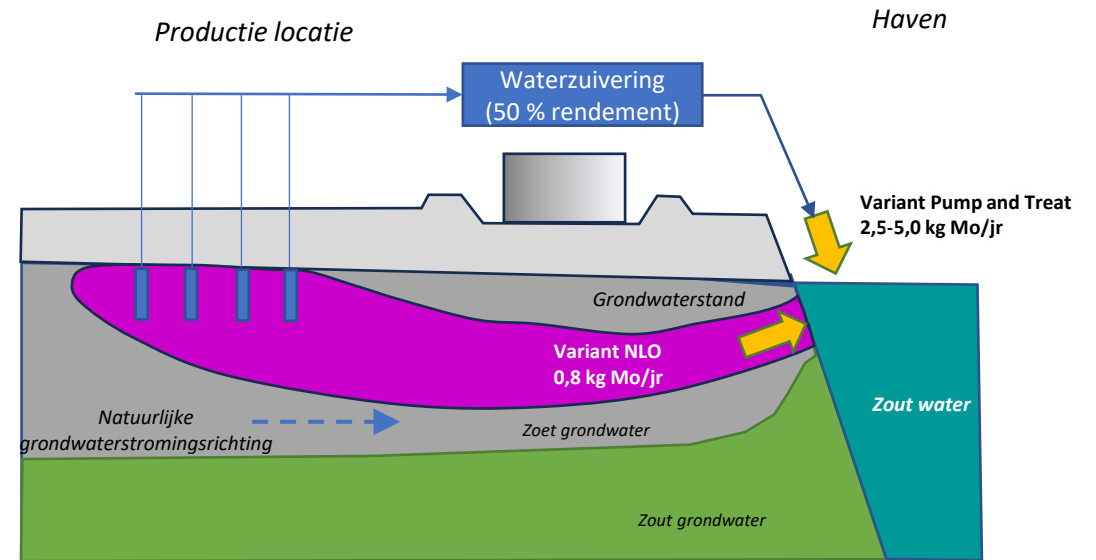
1. Voortzetting Pump and Treat
2. Natuurlijke lozing oppervlaktewater (NLO)

1. Voortzetting Pump and Treat :

- Vrachtverwijdering initieel 5-10 kg/jr
- Volledige verwijdering niet haalbaar
- Lage concentraties in onttrekkingswater (lager dan lozingseis van 100 µg/l)
- Waterzuivering niet kosteneffectief op basis van kosteneffectiviteitsdrempels RWS
- Grotere jaarlijkse emissie dan NLO, maar wel kortere duur

2. NLO:

- Geen bron aanwezig -> natuurlijke uitspoeling naar oppervlaktewater toestaan (ca. 0,8 kg/jr)
- Leidt niet tot risico's op basis van immissietoets
- Geringere jaarlijkse vracht op oppervlaktewater dan bij actieve onttrekking, wel langdurigere emissie

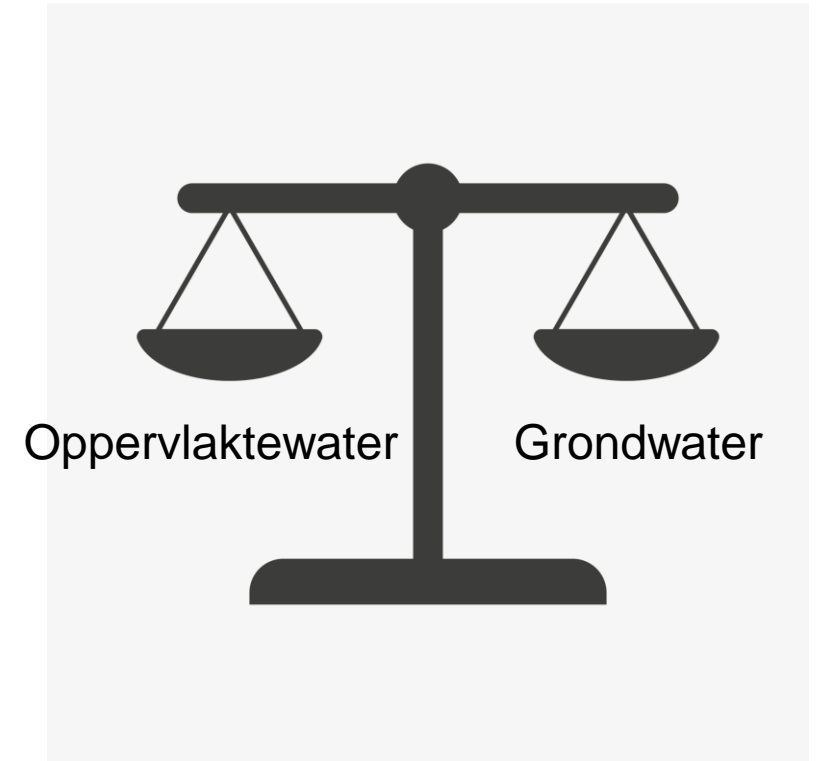


Overwegingen

- Botsing tussen oppervlaktewaterbeleid en bodembeleid
- Actieve voortzetting lijkt wenselijk i.k.v. herstelplicht Wm
- Saneringskosten bedragen circa EUR 250.000, oftewel 25.000 EUR/kg Mo
- Rendement is laag op basis van toetsingskader NLO
 - Toetsingskader NLO is echter ontwikkeld voor historische gevallen (Wbb)
- (Tijdelijke) hogere belasting oppervlaktewater bij actieve grondwateronttrekking, ook bij inzet waterzuivering
 - Versnelde verplaatsing van bodem naar oppervlaktewater

Compromis ->Afgesproken met bevoegd gezag Wm om inspanningsverplichting te doen:

- 2 jaar grondwateronttrekking en zuivering op proceswaterzuivering (precipitatie)
- Evaluatie op stabiliteit en indien aangetoond stabiel of dalend, actieve sanering afsluiten



En toenPFAS in grondwater



- Bij locatiebreed onderzoek wordt PFAS (met name PFOS, PFHxS, en in mindere mate PFBA, 6:2 FTS etc) aangetroffen in grond en grondwater in het met molybdeen verontreinigde gebied
- Concentraties van 500-1.000 ng/l PFAS totaal
- Beschikt historisch geval van PFAS verontreiniging:
 - Oorzaak is vermoedelijk gebruik van AFFF tot eind jaren tachtig
 - Diffuse grondwaterverontreiniging. Geen duidelijke bronnen in beeld
 - Geen sterk verhoogde gehalten PFAS (< INEV excl drinkwater) dus geen directe saneringsnoodzaak



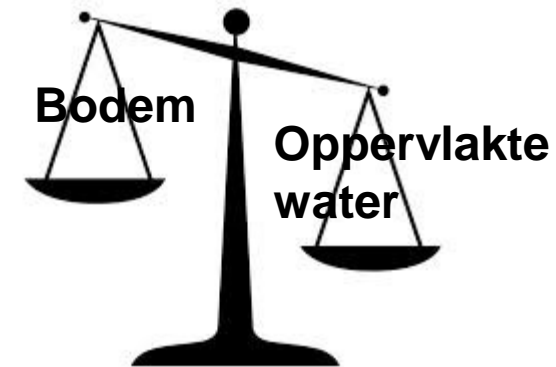
Grondwaterzuivering

- Aanwezigheid PFAS in onttrekkingswater leidt tot noodzaak nazuivering op PFAS ten behoeve van Molybdeen grondwatersanering
- RWS wil geen PFAS emissie op oppervlaktewater
- Zeer strenge lozingseisen PFAS op oppervlaktewater leiden tot hoge additionele zuiveringskosten
- Alleen mogelijk met actieve koolzuivering met vervanging na ca 1.000 bedvolumes
- Kosten PFAS zuivering geraamd op ca EUR 300.000
- Kosten per kg Mo nemen fors toe
 - Zonder PFAS: 25.000 EUR/kg
 - Met PFAS: > 55.000 EUR/kg



Impasse project door botsing regelgeving water en bodem

- Bodembeleid :
 - PFAS :
 - Geen saneringsnoodzaak
 - Molybdeen:
 - Actieve aanpak wenselijk, dus toch ook PFAS onttrekken en zuiveren
 - Actieve aanpak Molybdeen is daardoor echter niet (meer) doelmatig
- Oppervlaktewaterbeleid:
 - PFAS: PFAS op oppervlaktewater niet wenselijk (KRW doelstelling)
- Infiltratie gezuiverd grondwater ook niet wenselijk:
 - Vanwege restconcentraties Molybdeen infiltratiewater door laag rendement zuivering (50%)



Andere casus: Lozing Molybdeenhoudend grondwater Botlek Rotterdam

- Bemaling aanleg leidingen Botlekgebied (2019):
- Grondwaterdebiet 1,5 m³/uur
- Molybdeen gehalte maximaal 2.400 µg/l
- Molybdeen vracht maximaal 0,6 kg/week
- Bepaling noodzaak behandeling grondwater met ABM toets RWS:
- Kosteneffectiviteitsdrempel Mo 500 - 2.000 EUR/kg
- Waterzuiveringskosten EUR 11.000 -14.000 EUR/kg Mo, dus waterzuivering niet kosteneffectief
- Geen negatieve effecten te verwachten met immissietoets

- **Lozing tot 2.400 µg/l Mo op oppervlaktewater zonder waterbehandeling werd toegestaan**



Bron: De Groene Amsterdammer

Stellingen

- Behoeftte aan meer integrale benadering bodem en watersysteem en goede afweging van baten en lasten (milieu, duurzaamheid en kosten) over de beleidskaders heen
- PFAS in oppervlaktewater is een grote gamechanger voor veel sanerings- en uitvoeringsprojecten

Aanvullend:

- Lozingseisen voor PFAS houdend grondwater op oppervlaktewater zijn onrealistisch laag. Dit maakt lozing van PFAS houdend grondwater op oppervlaktewater vrijwel onmogelijk
- Bijna al het grondwater/bemalingswater of te lozen proceswater bevat PFAS (immers de achtergrondconcentraties in grondwater in NL is al 20-30 ng/l PFAS en ook in het opp water komen verhoogde concentraties voor), maar vrijwel niemand analyseert er op. Zij die er wel op analyseren komen in de problemen. Dit leidt tot rechtsongelijkheid.
- KRW doelstelling oppervlaktewaterkwaliteiteisen (JG MKN) PFAS zijn niet haalbaar. Er is een andere benadering nodig -> kijk naar milieurendement van PFAS verwijdering en risicoreductie





 John van Tol / Charles Pijls

 john.vantol@tauw.com / charles.pijls@tauw.com

 www.tauw.com