



OVERZICHT VAN
PFAS-SANERINGSTECHNIEKEN VOOR
BODEM
EN WATER

WORKSHOP PFAS-SANERING
21/04/2022 – Universiteit Antwerpen



Studie reinigingstechnieken voor PFAS-houdende grond met bewezen haalbaarheid (ioV OVAM)

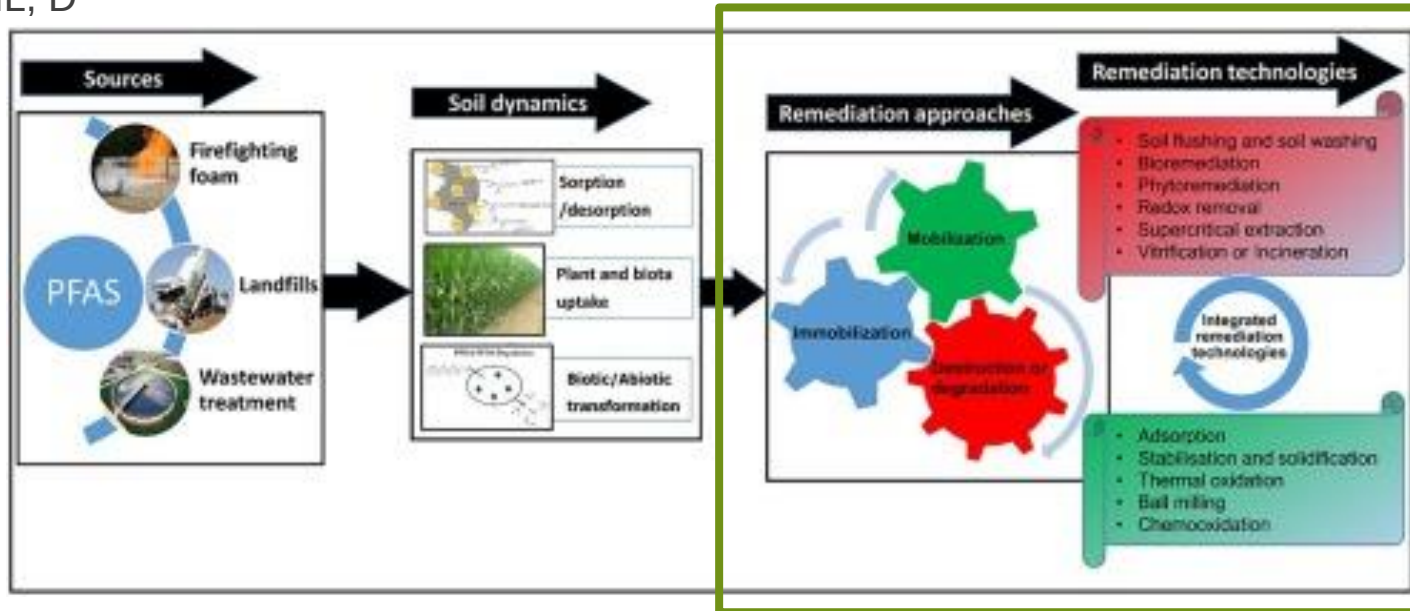
Op basis van:

- **grondsamenstelling** (kleigehalte, organische stof, andere contaminanten,...)
- **PFAS concentraties**
- te bereiken PFAS concentraties na reiniging
- beschikbare reinigingscapaciteit per techniek met nadruk op off-site grondreiniging
- ook aandacht voor (proces)waterbehandeling

Doel en methodiek

Methode:

- beperkte literatuurstudie
- **rechtstreekse bevraging** relevante **marktspelers/specialisten** in Vlaanderen en grensregio's: grondbeheersorganisaties, grondreinigingsbedrijven en –specialisten in VI, NL, D



Literatuurstudie

- Enorme **toename** aantal (wetenschappelijke) studies naar behandeling van PFAS in grond en water
- Bewezen **reinigingstechnieken (uitgegraven) grond**: **fysicochemische** en **thermische** behandeling

Alternatieven voor grondreiniging:

- **Sorptie/stabilisatie/immobilisatie** van PFAS in de grond door **toeslagstoffen** (actief kool, biochars, aluminium hydroxide, kaolinit, zeolieten,...): haalbare en bewezen techniek maar (nog) niet toegepast in VI en NL
- **fytoremediatie** (PFAS bio-accumuleren in bladeren)
- **Civiel-technische beheersing** (isolatie – on of off-site)

Reiniging waterfase:

- **Flocculatie/precipitatie** en sorptie op **actief kool** of **ion-uitwisselingsharsen** meest toegepast
- Andere (nog weinig toegepaste) technieken:
 - Alternatieve sorptiemiddelen: zeolieten, geactiveerde biochar, gemodificeerde klei
 - Schuim- en ozonfractionering
 - Omgekeerde osmose
 - Elektrochemische, fotokatalytische of sonochemische afbraak
 - ...www.concawe.org: Performance of water treatment systems for PFAS removal (2021)...



Grondreiniging in Vlaanderen

- **Grote beschikbare capaciteit** voor fysicochemische reiniging (ca 300 000 ton/jaar; indien nodig vlot uitbreidbaar)
- Huidige **aanvaardingsgrens**: 300 $\mu\text{g/kg}$ ds PFAS (som) – **reinigingsefficiëntie**: 95 - 99 % **bij hergebruik van 3 $\mu\text{g/kg}$ ds**
- In 2021 werd in één centrum 47000 ton PFAS-belaste grond fysicochemisch gereinigd; overige centra deden enkel proefreinigingen
- De WZI van de centra wordt uitgebreid met een **extra PFAS waterzuiveringstap**: actief kool of ion-uitwisselingsharsen
- Fysicochemische grondreiniging is een **waterverbruikend proces** waardoor weinig dient gezuiverd/geloosd



- Gronden < 40 % slibfractie (<63 µm + organisch materiaal) zijn fysicochemisch reinigbaar
- De slibfractie dient **gestort** (aandachtspunten: uitloogbaarheid van PFAS - acceptatiecriteria - storten onder zoutcelcondities?)
- Gronden > 40% slib: niet-reinigbaarheidsverklaring OVB (storten, immobiliseren of isoleren)
- Heden **geen alternatieve reinigingstechnieken** beschikbaar in Vlaanderen
- **Kosten: 40 à 60 euro/ton** (i.f.v. partijgrootte, PFAS-gehalte, eventuele noodzakelijke waterbehandeling)
- Extra **toeslag** bij slibgehalte > 15 %: 0,8 à 1,6 euro/ton per extra % slib.

N.B.: bij fysicochemische reiniging worden de **PFAS niet vernietigd**, enkel geïsoleerd

Grondreiniging in Nederland

- **Vergunde fysicochemische reinigingscapaciteit:** ca. 100 000 ton/jaar
- Diverse reinigingscentra nog in aanvraagproces van een vergunning voor PFAS-houdende gronden
- Nog lopende proeven en testen ter optimalisatie reinigingsproces of controle door bevoegd gezag
- **Zandige gronden met PFAS tot 60 à 100 µg/kg ds** worden voor fysicochemische reiniging aanvaard
- Gronden met hogere PFAS concentraties: tot max. 5 jaar **stockage** of **gestort** indien >60 µg/kg ds PFOS en/of andere PFAS(som) of 140 µg/kg ds PFOA of slibfractie >40%
- Reiniging tot **vrij hergebruik**

Grondreiniging in Nederland

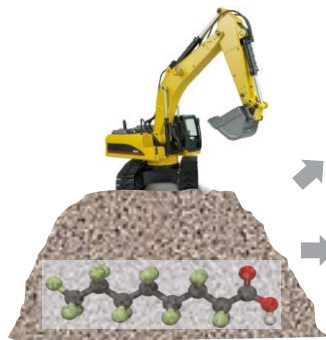
- **ATM** te Moerdijk heeft vergunningsaanvraag voor thermische reiniging van PFAS-houdende gronden opgeschort. **Theo Pouw** heeft thermische grondreinigingsinstallatie te Utrecht maar tot heden geen vergunningsvraag voor PFAS lopen
- Bij behandeling van PFAS-houdende gronden met thermische desorptie en verbranding van de gasfase kunnen de PFAS (grotendeels) worden **vernietigd**
- Sommige PFAS vereisen een hogere (tot 1400 °C) dan de standaard verbrandingstemperatuur (ca. 1000°C)!
- De methode vergt zeer veel energie
- De **CO₂-uitstoot** van thermische reiniging is aanzienlijk: naast de gebruikte brandstoffen wordt ook de **natuurlijke organische stof in de bodem** grotendeels omgezet naar CO₂



Grondreiniging in Duitsland

- **Fysicochemische grondreiniging:** werd niet onderzocht (voldoende capaciteit bij ons)
- Er zijn meerdere vergunde reinigingsinstallaties voor **thermische desorptie**
- Maximaal **toegelaten concentratie:** 50 mg/kg ds PFAS (som)
- **Kosten** in orde van grootte van 150 euro/ton

Overzicht reinigingsmogelijkheden ontgraven PFAS verontreinigde grond



Partij samenstelling:

< 40% slib?

Max. [PFAS] afhankelijk van toegestaan hergebruik van gereinigde gronden*

> 40% slib?

Grond niet FC reinigbaar (niet-reinigbaarheids-verklaring OVB)

> 40% slib?

Max. [PFAS] afhankelijk van vrij hergebruik in NL**

Procestechniek:

Grondwassen

(slibfractie + PFAS: te storten)

Grond + PFAS:
storten

Thermisch
(niet vergund in NL; vergund in D)

Voordelen:

- Herbruikbare zandfractie
- Grote capaciteit in VL (> 300.000 ton/j)
- Geen/weinig water te zuiveren
- Relatief lage kosten*
- Gemiddelde CO₂ uitstoot

- Geen water te zuiveren
- Relatief lage kosten
- Lage CO₂ uitstoot

- PFAS worden vernietigd
- Capaciteit ATM in NL ca. 2000 ton/d
- Aanvaardbare kosten (mogelijk 60 - 70 €/ton in NL; 150 €/ton in D)

Nadelen:

- PFAS niet vernietigd
- Grond deels te storten
- Verwerking PFAS uit gereinigd water
- PFAS niet vernietigd ('eeuwigdurende' opvolging en/of behandeling eluaat vereist)
- Behandeling ter beperking PFAS uitloging of storten in zoutcel
- Capaciteit in VL te evalueren
- Transport + administratie (uitvoer/invoer buurland)
- Groot energieverbruik en zeer hoge CO₂ uitstoot (ook destructie 'native' O.S.)
- Potentiële uitstoot PFAS naar atmosfeer

* ca. 300 µg/kg ds PFAS bij vrij hergebruik in B (3 µg/kg ds)

* ca. 60 à 100 µg/kg ds PFAS bij vrij hergebruik in NL (3 µg/kg ds)

* ca. 700 µg/kg ds PFAS bij bouwkundig hergebruik in B (70 µg/kg ds)

**3000 µg/kg ds PFAS bij vrij hergebruik in NL (3 µg/kg ds)

*40-60 euro/ton bij 15% slib

*0,8-1,6 euro/ton/%slib (boven 15% slib)

Discussiepunten

- **Ontgraving, beperkte (F-C) grondreiniging en storten (vooral NL en D!**
- **Storten? Regelgeving?**
 - Eeuwigdurende percolaatbehandeling?
 - Zoutcel ? Capaciteit in Vlaanderen?
 - Behandeling met adsorbens vereist? (zeolieten, geactiveerde biochar, gemodificeerde klei...)
 - Acceptatiecriteria mbt maximale PFAS concentratie en uitloging?
- **In-situ grondreiniging? Controle verspreidingsrisico versus humaan blootstellingsrisico?**
 - PlumeStop, SourceStop (Regenesis)? Zeer duur? Lage sorptiecapaciteit? Andere adsorbentia toepasbaar?
 - Fytoremediatie? Korte PFAS ketens vlot opneembaar? Behandeling PFAS in planten? Toepasbaar in verontreinigde landbouwzones?
 - In-situ flushen? Grondwaterrecirculatie? Grondwaterbehandeling?

Discussiepunten

- **Waterzuivering? Sleutel tot succes voor grondreiniging, bemaling, kortdurende grondwateronttrekking!!**
 - Problemen: stopzetting bij langdurige bestaande saneringen, hypotheek lopende projectontwikkelingen wegens ontbreken LZN
 - BBT?/lozingsnormen?
 - Technieken (volwassen volgens ITRC: GAC, ionenuitwisselingsharsen, reverse osmose,..)
 - Scale-up technieken volgens ITRC: regenerereerbare sorbents, schuim fractionering, **geen PFAS afval** bij Sonochemische oxidatie/Ultrasound, electrochemisch degradatie

Waterbehandeling is essentieel voor PFAS reiniging uit grond of grondwater

Discussiepunten

- **Off-site Grondreiniging? Grondverzet?**

- Technieken (volwassen volgens ITRC: GAC gemengd amorf aluminumhydroxide, kaolin clay, additieven, fysico-chemisch reinigen, thermisch behandeling)
- Uitloging toelaatbaar? Isolatie aanvaardbaar?
- Hergebruikswaarde?
- Behandeling met adsorbens vereist voor grondverzet?

- **Thermische behandeling met destructie van PFAS?**

- **over-all milieuvriendelijk** (energieverbruik, broeikasgasemissies, destructie 'native' organische stof)
- Moeilijkst afbreekbare gefluoreerde koolwaterstof: **CF₄ : vereiste verbrandingstemperatuur ca. 1400°C** (dient zeker te worden gemonitord in de geloosde rookgassen),
- Welke PFAS komt in atmosfeer bij onvolledige verbranding tot 1000°C? Is dit toelaatbaar?
- Integratie met cementindustrie daar temperaturen van 1400 °C mogelijk?

Bij alle andere technieken worden de **PFAS niet vernietigd** maar slechts **tijdelijk uit het milieu verwijderd** (storten) of **geïmmobiliseerd** ("eeuwigdurende" opvolging vereist zoals bij kernafval)



SAFEGUARDING YOUR
BUSINESS ENVIRONMENT