

*symposium*

bodem breed

# Zuiverend groen – Momentum en mechanismen NBS

## Inhoud

- Bodemsaneringsopgave
- Trend van verduurzaming
- NBS: meerwaarde en aandachtspunten
- Werkingsmechanismen van NBS
- Enkele ontwikkelingen van NBS onder EU vlag
- Wat is nodig om NBS verder te brengen?

*Hèt netwerk event van bodem en ondergrond*

## Bodemsaneringsopgave

- Europa:
  - Ca. 320.000 sites te saneren van 2,7 miljoen verdacht verontreinigde industriële locaties
  - Plus diffuse bodemverontreiniging met pesticiden, antibiotica, meststoffen, microplastics, zuiveringslib, PFAS
- Nederland ook niet klaar met saneren:
  - Wbb-saneringen, locatieontwikkeling, 'toevalsvondsten', nieuwe gevallen / 'ongewone voorvallen'





## Trend van verduurzaming

- UN SDG's
- EU Green Deal:
  - EU Soil Strategy for 2030
  - EU Soil Monitoring & Resilience Directive
  - EU CSRD (corporate sustainability reporting directive)
- ISO 18504



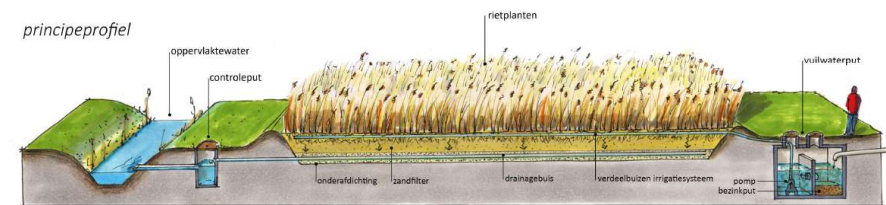
## Nature Based Solutions (NBS): meerwaarde

- Kosteneffectiviteit
- Minder belastend voor milieu en omgeving
- Koppelkansen met andere opgaven (klimaat, biodiversiteit)
- Technische haalbaarheid
- Robuustheid



## NBS: aandachtspunten

- Efficiëntie: niet 100% voorspelbaar en fluctuatie in de tijd
- Meer ruimte nodig
- Meer tijd nodig, zowel qua opstart als qua saneringsduur
- Afstemming op het lokale klimaat



## NBS: werkingsmechanismen

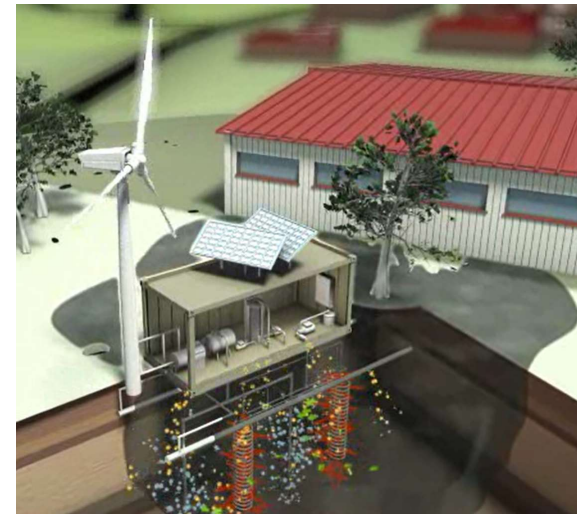
Gebruik en ondersteuning van natuurlijke processen, materialen en energie, leidend tot afbraak, immobilisatie of extractie van verontreiniging

- Adsorptie
- Precipitatie
- Biologische afbraak en extractie
- Chemische afbraak
- Fotochemische afbraak
- Geohydrologische isolatie



## NBS: voorbeelden

- Stroming van (grond)water als drijvende kracht
- Zonne-energie: UV, warmte of elektriciteit
- Windenergie: onderdruk of perslucht
- Inert organisch adsorbent
- Bacteriën en schimmels voor afbraak of immobilisatie
- Planten: extractie, stabilisatie of geohydrol. beheersing
- Atmosferisch O<sub>2</sub>: chemische oxidatie of biologische afbraak
- Basisch materiaal: pH-verhoging, metaalneerslag, biostimulatie



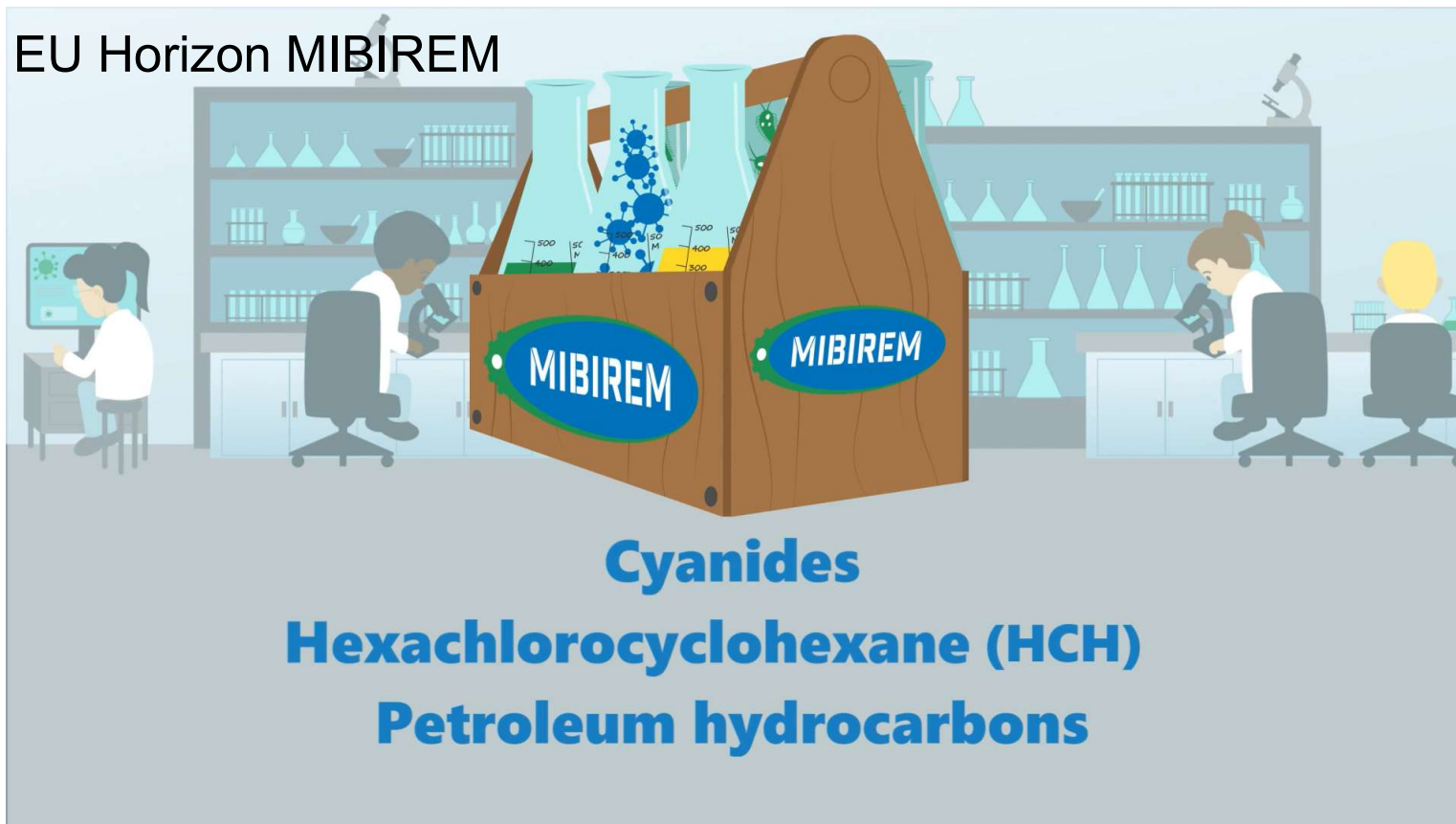


## NBS: ontwikkelingen onder EU vlag



## NBS: ontwikkelingen onder EU vlag

EU Horizon MIBIREM



## Wat is nodig om NBS verder te brengen?

- Verwachtingsmanagement
- Zwaar(der) inzetten op duurzaamheidsindicatoren bij afweging
- Enige nuance bij beoordeling door bevoegd gezag. Daarbij belang van 3P laten prevaleren ('baten groter dan lasten')



*symposium*

bodem breed



# Zuiverend groen: Werkingsprincipes en uitvoeringsvarianten

*Nanne Hoekstra - Deltares*

*expertise*

bodem en ondergrond



provincie

Overijssel



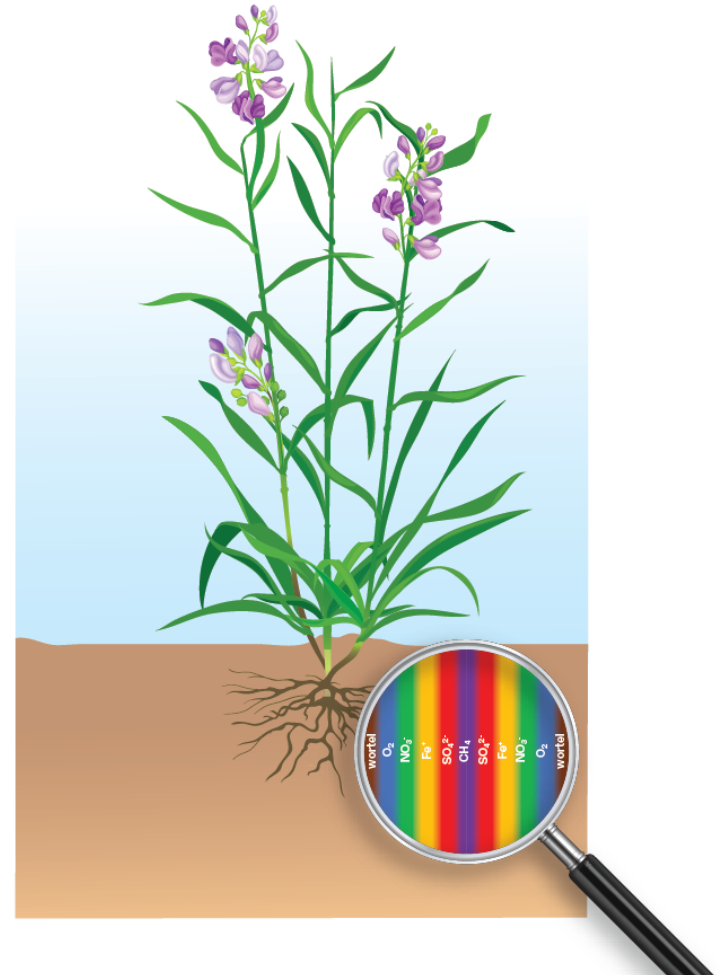
Zwolle





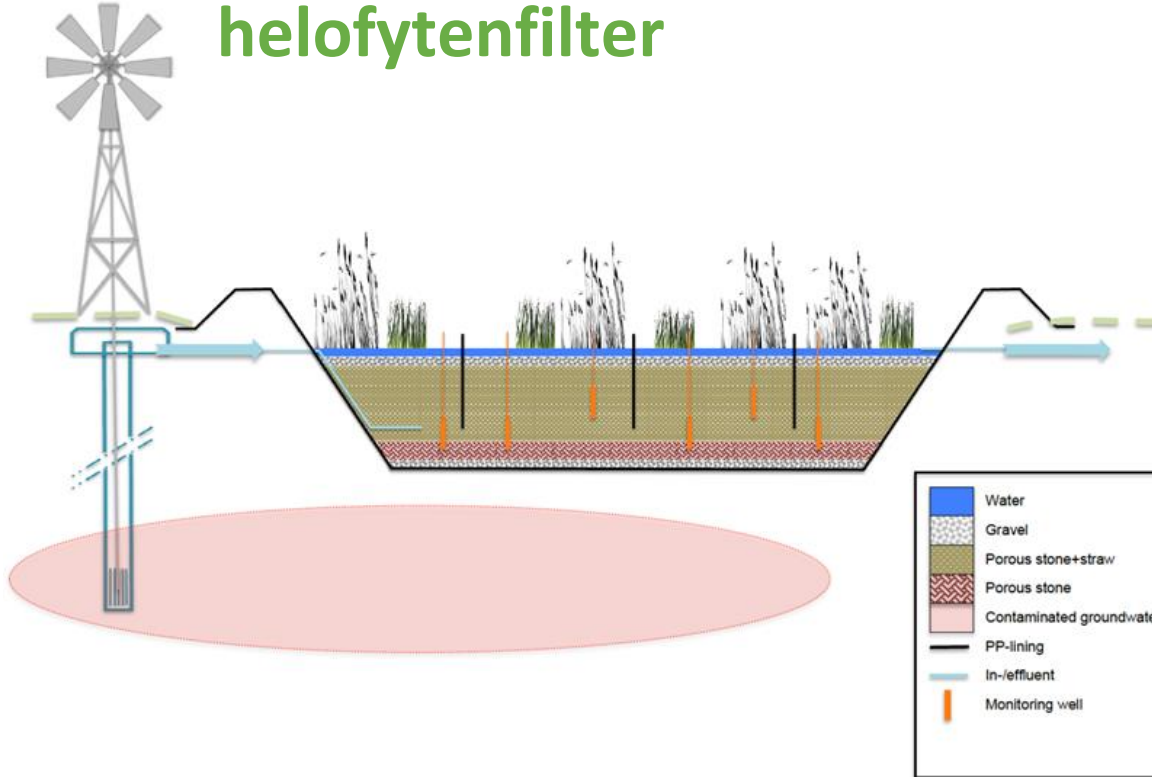
# Werkingsprincipes

- Planten produceren organisch materiaal en **verlagen** zo de redoxpotentiaal
- Planten introduceren zuurstof via de wortels en **verhogen** daarmee de redoxpotentiaal
- Daarmee ontstaan in de wortelzone niches met alle mogelijke geochemische condities
- En daardoor allerlei soorten micro-organismen
- Die vele organische verontreinigende stoffen kunnen afbreken
- Terwijl anorganische stoffen neerslaan

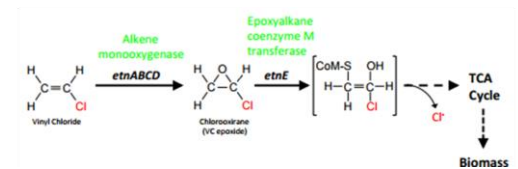
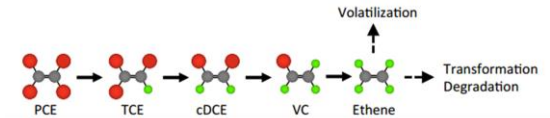


# Casus Amersfoort: windsanering met horizontaal doorstroomd helofytenfilter

## helofytenfilter



- Helofytenfilters zijn bewezen technologie voor bv. huishoudelijk afvalwater
- Maar ze kunnen ook dienen als waterzuivering bij een bodemsanering
- Zo vraagt de afbraak van chloorkoolwaterstoffen na elke omzetting weer andere geochemische condities



# Casus Amersfoort: aanleg helofytenfilter



Aanbrengen folie en drainage



Aanvulling slakken en stro



Toplaag van grind



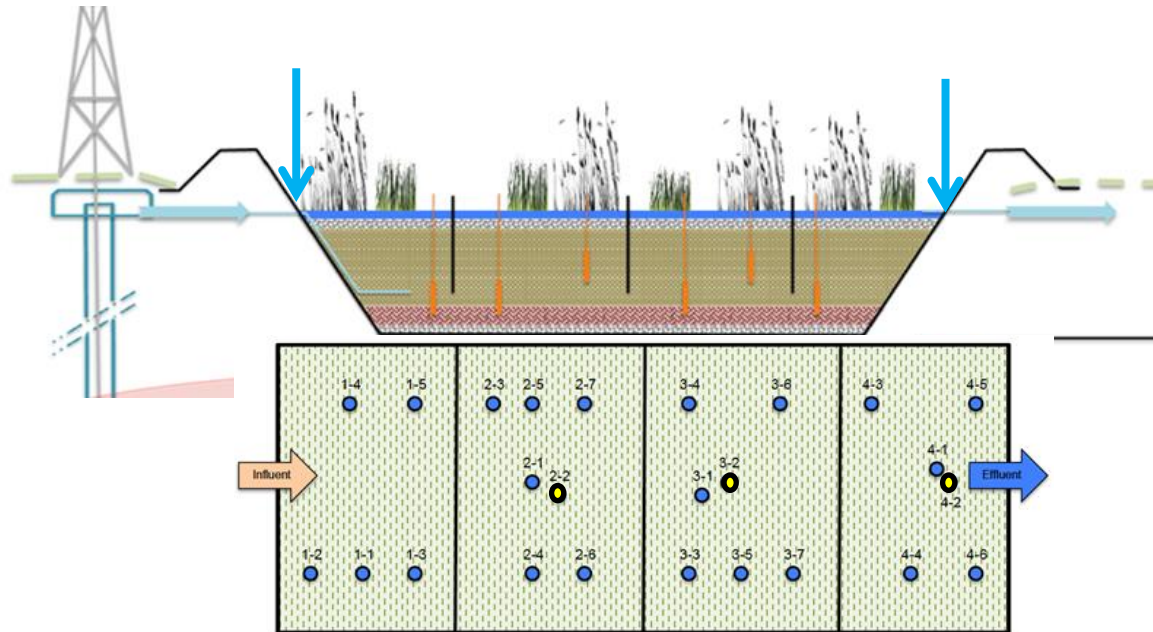
Helofyten: 10 st/m<sup>2</sup>

# Casus Amersfoort: ontwikkeling helofytenfilter



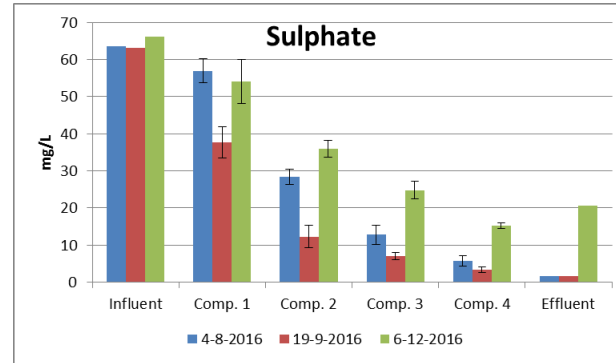
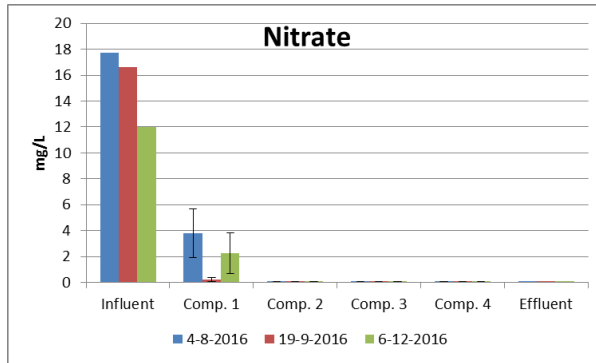


# Casus Amersfoort: Intensieve monitoring

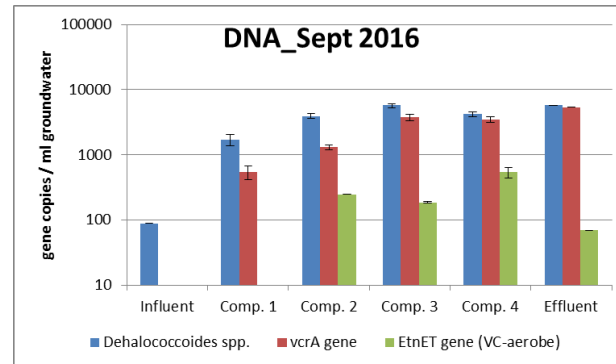


- = monitoringsfilters 1,2 – 1,35 m
- = monitoringsfilters 1,7 – 2,1 m

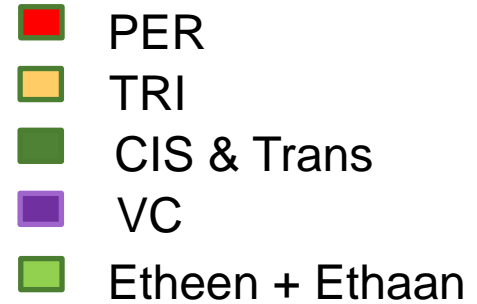
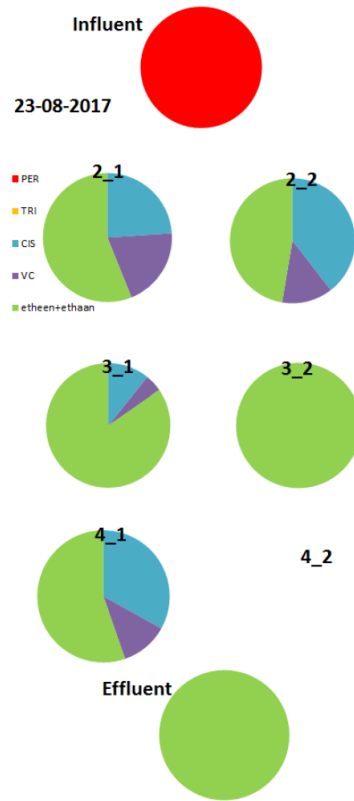
# Casus Amersfoort: Biogeochemie



- In de richting van het stromingsrichting:
  - Optimalisatie redox condities
  - Toename bacteriën reductieve dechlorering en (aerobe) VC-oxidatie
- Condities in de winter minder gunstig



# Omzetting van verontreinigingen



Ook in de winter goede afbraak!

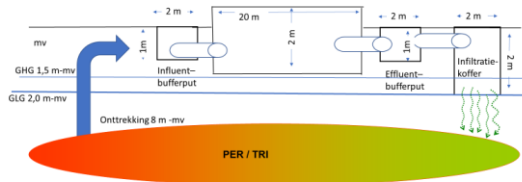
# In Zwolle verticaal doorstroomd filter minder voorkeursstroming verwacht

Laagopbouw helofytenfilter Zwolle

	10 cm waterberging	
	10 cm klei	
	10 cm schelpen	
	10 cm grind	
Ca. 5 cm mengsel stro, bokashi, turf	130 cm lavasteen	0,5 m
Ca. 5 cm mengsel stro, bokashi, turf		
Worteldoek hier?	20 cm grind met lavasteen	
	10 cm grind	



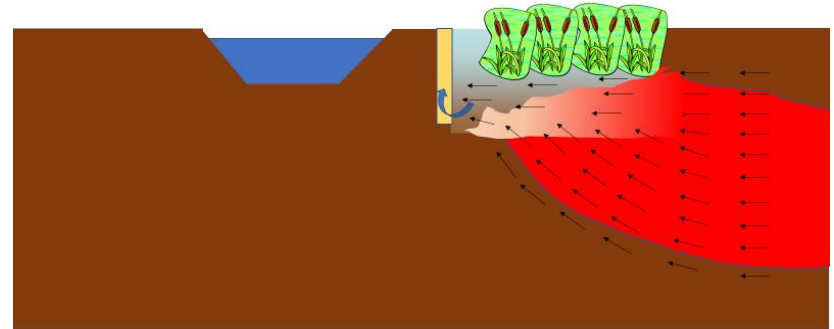
Zij-aanzicht filtersysteem



Recirculatie met herinfiltratie en gestimuleerde afbraak in bodem



# In Barneveld wordt natuurlijke kwel benut



symposium  bodem breed

Deltares  
Enabling Delta Life 

**MOBA**

# In Almelo worden bomen ingezet



In boomputten met stijgbuizen bieden bomen pompcapaciteit en een reactieve zone tussen de wortels

Gemeente Almelo

## DE MEEST DUURZAME SCHOONMAKERS TER WERELD AAN HET WERK VOOR ALMELO

- ZOMEREIK
- FLADDERIEP
- POPULIER

SCHONE WATERDAMP

DE BOOM BREEKT SCHADELIJKE STOFFEN AF

VERVUILD GRONDWATER

IN SAMENWERKING MET:

- bioclear earth
- Deltares
- Omgevingsdienst TWENTE
- TW
- Water & Milieudienst

Deze bomen ruimen de verontreiniging in de bodem op. In de komende jaren maken de micro-organismen rond de wortels de verontreiniging schoon.

Kijk voor meer informatie op [almelo.nl/bomen-maken-schoon](http://almelo.nl/bomen-maken-schoon)

symposium bodem breed

Gemeente Almelo



Zomereik



Populier



Fladderiep

Deltares  
Enabling Delta Life

bioclear earth



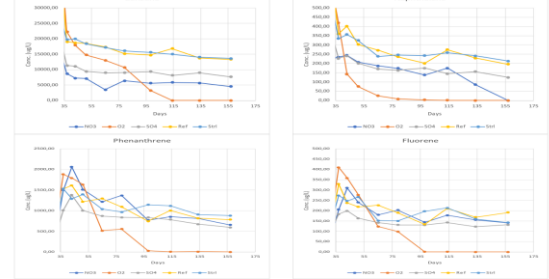
# Studie voor o.a. gasfabriek Leidschendam in kader van afbouw nazorg



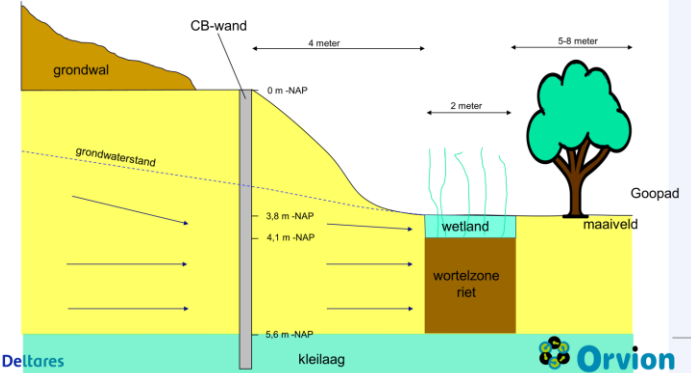
Foto uit 1913. (Bron: fotocollectie gemeentearchief Leidschendam-Voorburg)



## Resultaten batchtesten



Deltres

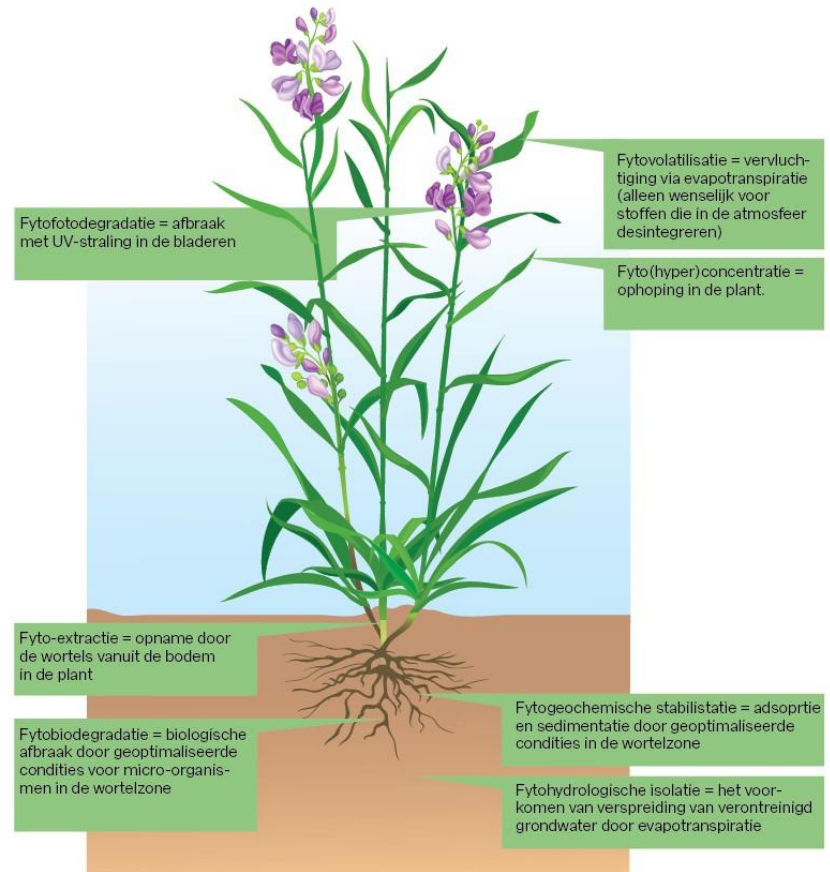


Deltres

# Fytoremediatie biedt meer mogelijkheden

- Bijvoorbeeld vervluchtiging van stoffen met daarna afbraak in de atmosfeer
- Of in de bladeren?
- En concentratie van metalen in biomassa
- Misschien ook mogelijk voor PFAS

Fytoremediatie = Gestimuleerde verwijdering of immobilisatie van bodemverontreinigende stoffen door:





# Oplossingen kosten tijd en ruimte maar tegelijk ontwikkeling van groen in steden met bijdrage aan andere opgaven



- Verbeteren biodiversiteit
- Reduceren stedelijk hitte-eiland-effect
- Duurzame energiewinning (biomassa en bodemenergie)
- Waterretentie
- Recreatie
- Volksgezondheid
- Geluk van omwonenden
- Terugwinning metalen?
- Etc



# Mogelijkheden zuiverende groen-voorzieningen in stedelijke omgeving



**We kunnen meer saneren voor minder geld!**



**Ook als onderdeel van Gebiedsgericht Grondwaterbeheer!**



**De trend van een verslechterende grondwaterkwaliteit kan betaalbaar worden omgekeerd!**



# Zijn er uitdagingen?

- Implementatie-gereedheid – voor de meeste stoffen is de werking voldoende aangetoond; maar niet voor alle, zoals pesticiden en medicijnresten
- Organisatorisch – verschillende belanghebbenden bij multifunctioneel ruimtegebruik
- Kennisbeschikbaarheid – goed maar beste expertise bij ongebruikelijke partijen, o.a. hoveniers
- Technisch – realisatie van juiste condities voor afbraak en plantengroei, inpassing in de beschikbare ruimte, dimensionering op basis van integratie van functies
- Juridisch – regelgeving nog niet afgestemd op wisselende zuiveringsrendementen. Biedt de Omgevingswet ruimte?
- Beleidscultuur – bestuurders zien graag groen, maar uitvoerende ambtenaren hebben soms nog meer vertrouwen in bewezen harde technologie



# Belevenissen

- Rietveld mocht van waterschap niet in een hoofdwatgang
- Binnen 5 meter van een hoofdwatgang mocht niets worden aangelegd, zelfs geen rietkraag
- Iets aanleggen direct naast een watgang bleek niet zo eenvoudig vanwege groot waterbezwaar
- Een rietkraag aanleggen in een verontreinigde pluim vergt werken in verontreinigde bodem en dus waren alle wettelijke vereisten voor een sanering van toepassing met bijbehorende kosten
- Bevoegd gezag wou dat zuivering direct na ingebruikname werkt
- Bevoegd gezag eiste dat zuivering elk moment in het jaar werkt
- Een voorziening in het kader van de Wet milieubeheer vergde een controle dat deze na gebruik geen bodemverontreinigingen had veroorzaakt; al stond deze bovenop een toegestane restverontreiniging
- Inrichtingsplannen wijzigden en helofytenfilter moest voortijdig opgeruimd



symposium

bodem breed



# Groene technieken voor verontreinigde industriële locaties

*Frank Volkering, Mirte van der Vlist - TAUW bv*



Zwolle



# Nature-Based Solutions voor verontreinigde industriële locaties

NBS	Doel	Invasiviteit/ ruimtegebruik	Duur
Natural Source Zone Depletion	Onverzadigde bronzone	Geen	>10 jaar
Enhanced Source Zone Depletion	Onverzadigde bronzone	Verwaarloosbaar	>10 jaar
Natuurlijke afbraak	Grondwater, pluim	Geen	>10 jaar
<b>Fytoremediatie</b>	- Ondiepe verontreinigingen, - Beheersing grondwater	- Groot - Significant	<b>&gt; 5 jaar, oneindig</b>
Gestimuleerde anaerobe afbraak	Grondwater, pluim	Laag	> 5 jaar
Gestimuleerde aerobe afbraak	Grondwater, pluim	Beperkt	> 2 jaar
<b>Constructed wetland</b>	<b>Onttrokken grondwater</b>	<b>Significant</b>	<b>oneindig</b>

## Voor- en nadelen van groene technieken voor industriële terreinen

- Duurzaamheid / ESG reporting
- Kosten
- Profilering
- Acceptatie (door bevoegd gezag)
- Veiligheid (vergroten effect explosies)
- Ruimtebeslag / tijdsduur
- Vergunningen

# Fytoremediatie op industriële locaties



1. **Beheersing van grondwaterpluimen**
  - “oneindig”
  - Meestal aan de rand van een terrein
  - Formele maatregel (instemming BG en rapportage)
  
2. **Extensieve sanering van ondiepe verontreinigingen**
  - Langdurig (> 5-10 jaar)
  - Volledige terrein moet beschikbaar zijn
  - Kan ook als “no regret” maatregel (hoeft niet als sanering te worden beschouwd)
  - Gebeurt soms ook “onbedoeld”

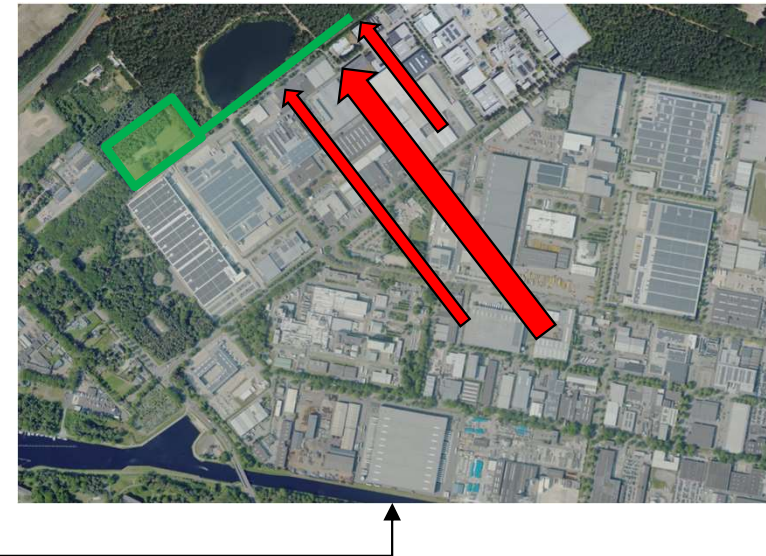


# Constructed wetlands op industriële locaties

In essentie niet verschillend van andere locaties:

- “oneindig”
- Formele maatregel (instemming BG en rapportage)
- Minder problemen met vergunningen dan in de openbare ruimte
- Meer ruimtebeslag dan conventionele zuivering, terrein is niet meer beschikbaar voor herontwikkeling

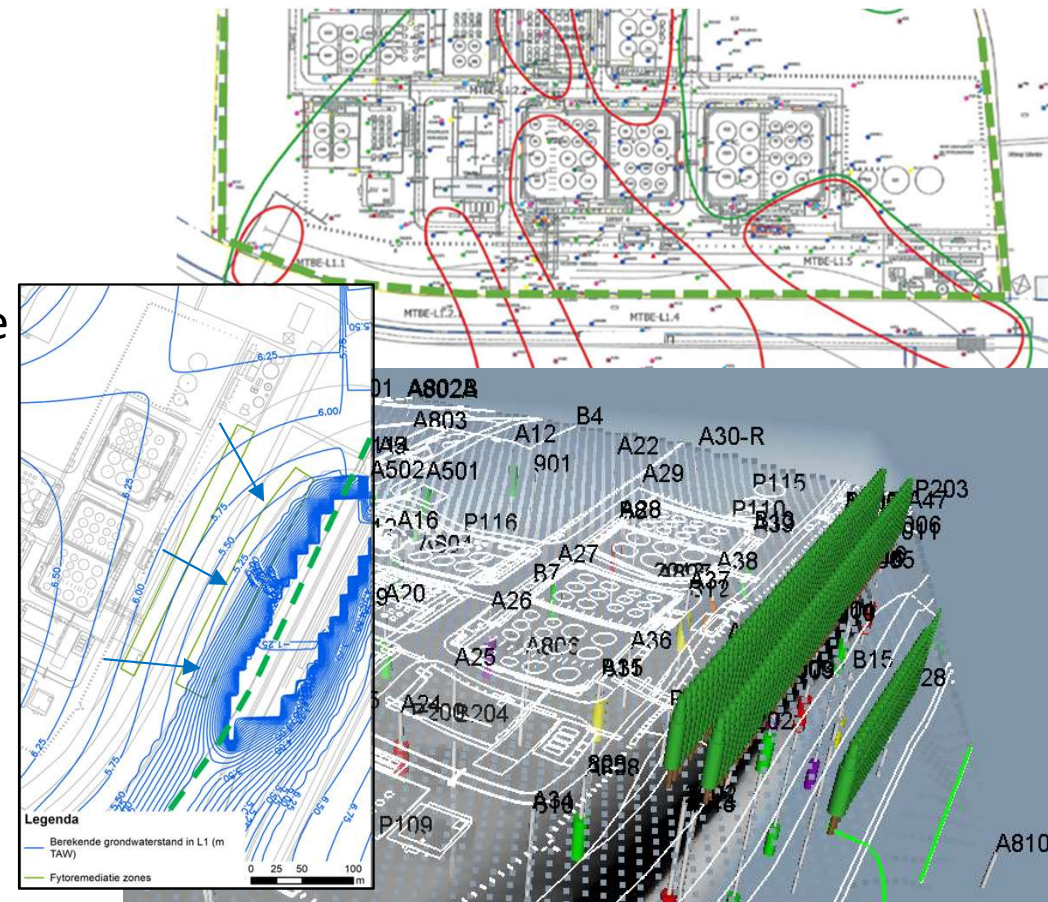
Voor bedrijfsterreinen: optie om meerdere pluimen  
gezamenlijk te beheersen



# Fytoremediatie: vb pluimbeheersing

## Chemische productielocatie

- Meerdere pluimen met aromatische koolwaterstoffen, MTBE
  - Beperkte doorlatendheid, vrij langzame grondwaterstroming
  - kort diepte traject
- Beheersing met beperkt aantal bomen langs de terreingrens (model)

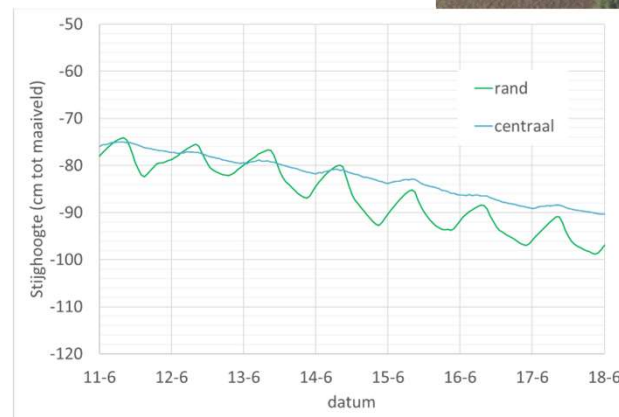




## Fytoremediatie: vb “onbedoeld” effect

Brandstof verdeelstation:

- Kleine spill met brandstof
- Afschermende bomenrij om de locatie heeft significant hydrologisch effect en draagt bij aan beheersing van de verontreiniging





# Fytoremediatie: beëindiging ☹️

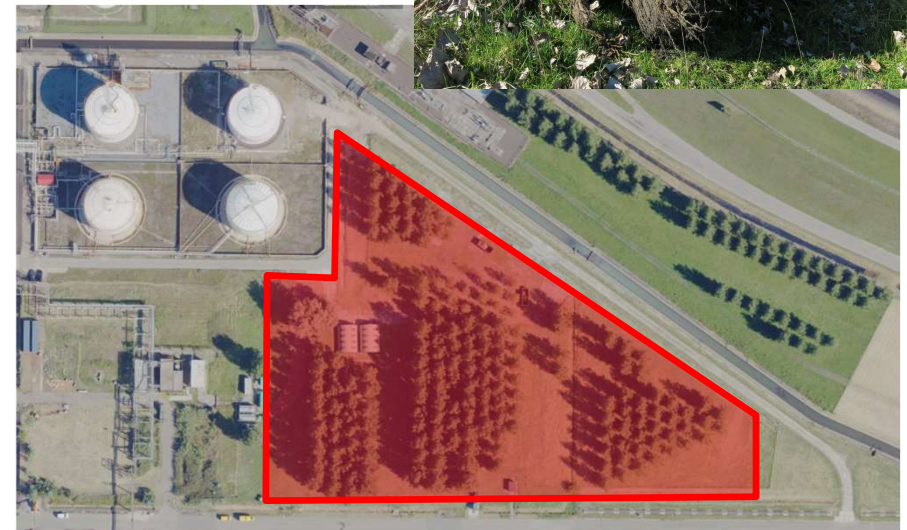
## Chemische productielocatie

2013-2023: 10 jaar lang succesvolle beheersing grondwaterpluim

2022: plannen voor herontwikkeling

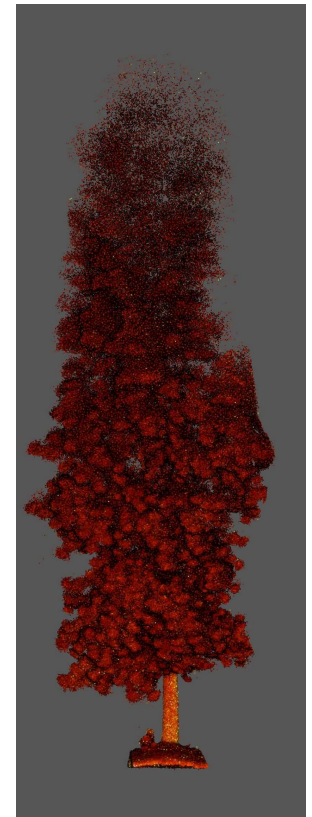
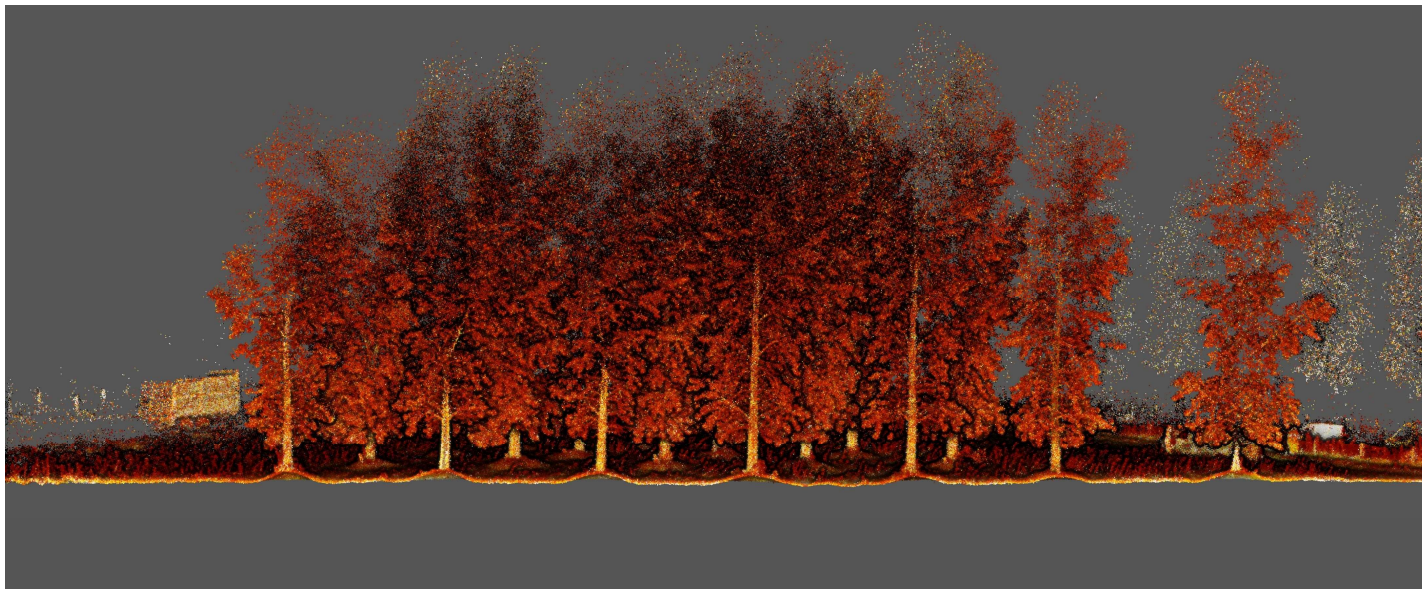
2023: 185 van de 240 bomen verwijderd

- Per abuis in 2013 niet aangemeld als tijdelijke natuur
- Vergunning tot velling met herplantingsplicht → verandering bestemming plantlocatie nodig
- aanvullend veldonderzoek naar jaarrond beschermende nesten
- Aantonbaar maken dat bomen “normaal” verwerkt kunnen worden



# Fytoremediatie: beëindiging

Maar gelukkig hebben we de 3-D lidar scan nog .....



## Samenvattend

Nature-Based Solutions zijn potentieel goed toepasbaar bij de aanpak van bodemverontreinigingen op industriële locaties

Groene technieken zijn niet langer onzekere innovaties, maar hebben een volwaardige plek in onze toolbox voor NBS bij industriële locaties

Toepassing van groene technieken heeft bekende voor- en nadelen die goed afgewogen kunnen worden:

voordelen: duurzaamheid, kosten, inzet als no regret maatregel

nadelen: tijdsduur, ruimtebeslag, acceptatie