

symposium bodem breed

STOP de pompen! Van IBC-maatregel naar NOzorg

Voorstellen

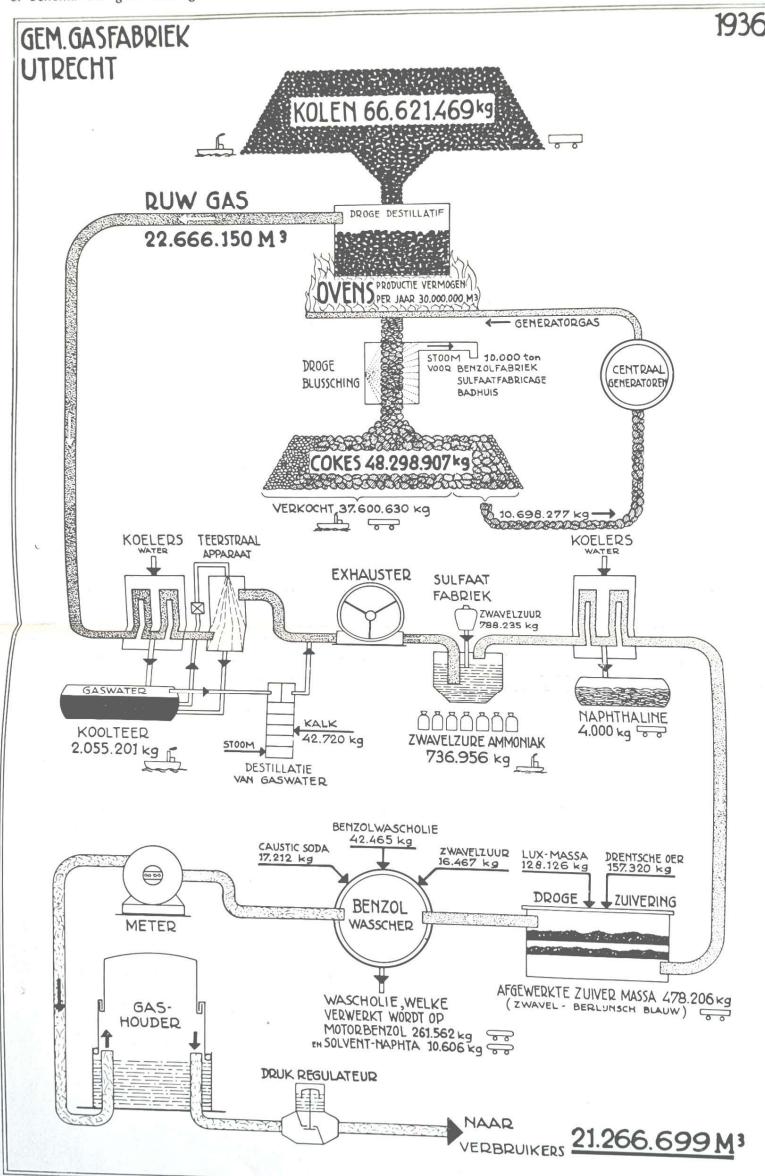
- Harry Boerma
- Ruud den Hartog



Gasfabriek 1862-1959

1. Diverse uitbreidingen
2. Watergasfabriek, oliegasfabriek
3. Productie van methaan “kolengas”
4. Verontreiniging met teercomponenten, minerale olie en cyanide
5. Sluiting 1959

e. Schema der gasbereiding.



Gezondheidscommissie van 1867:

“Het onderzochte water is eenigszins troebel, heeft een eigenaardig onaangename reuk, welke aan teerb Bestanddeelen herinnert, en een daarmee overeenkomende smaak.

Het is dus blijkbaar met producten der gasfabriek bezwangerd.”

Verval en plannen maken 1960 - 1980



1. Sloop van meeste opstallen in de jaren zestig
2. Bewonersplannen voor park sinds jaren zeventig
3. Gemeentelijke plannen voor rondweg, huizen slopen
4. Aanleg 1^e Griftpark, opening 1980
5. 1980: ontdekking verontreiniging



Bodemonderzoek en –sanering 1980-2003



1980-1990 Onderzoeken, plannen, proefsanering, saneringplan

1990 Instemming met saneringsplan:

- Centrale deel: IBC-methode
- Randgebieden: multifunctioneel grond en grondwater

1991 start sanering randgebieden

1993 start aanleg schermwand rondom Griftpark

1998 oplevering IBC-maatregel inclusief GWZI Brailledreef

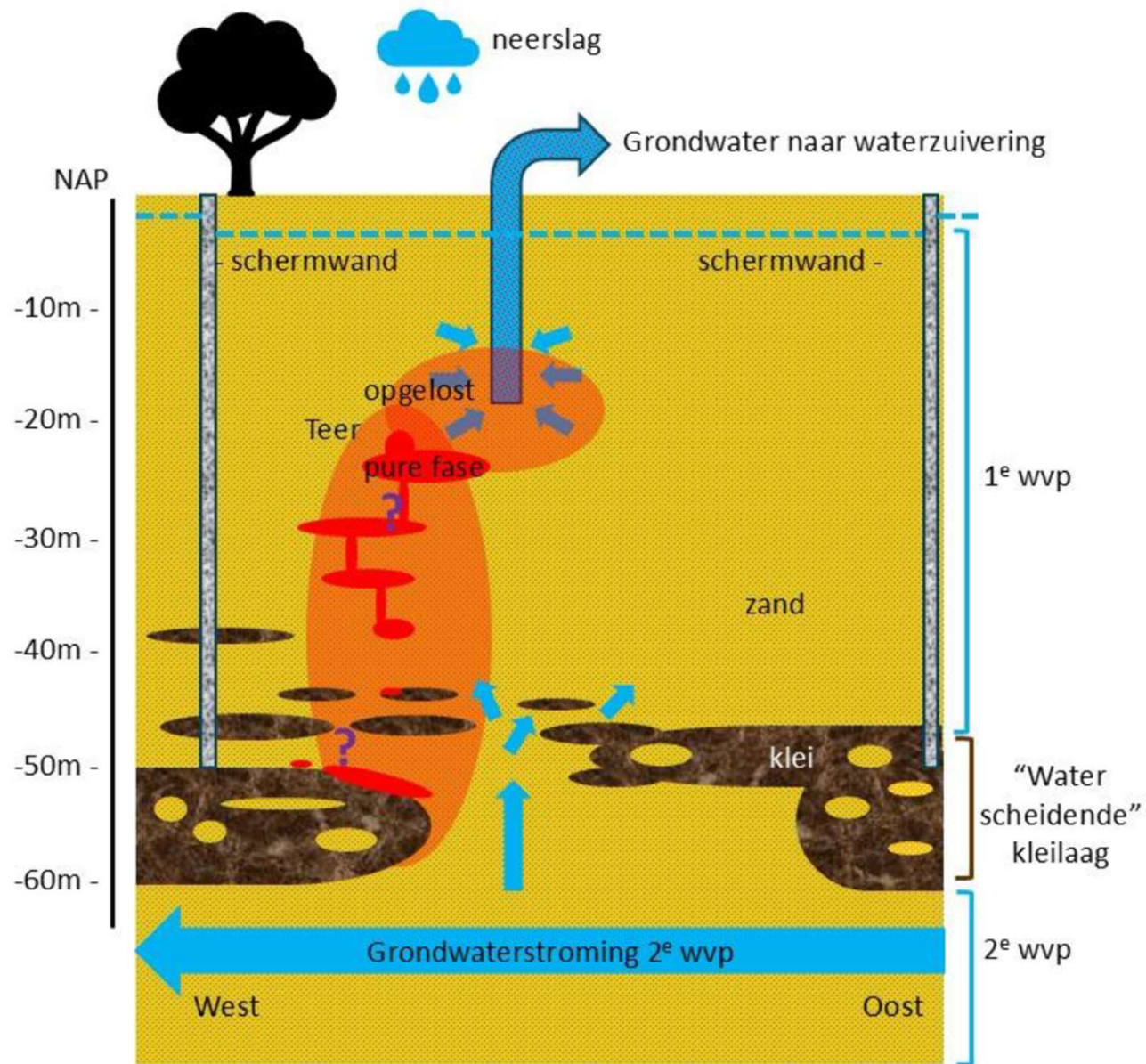
1991-2003 Deelopleveringen randgebieden

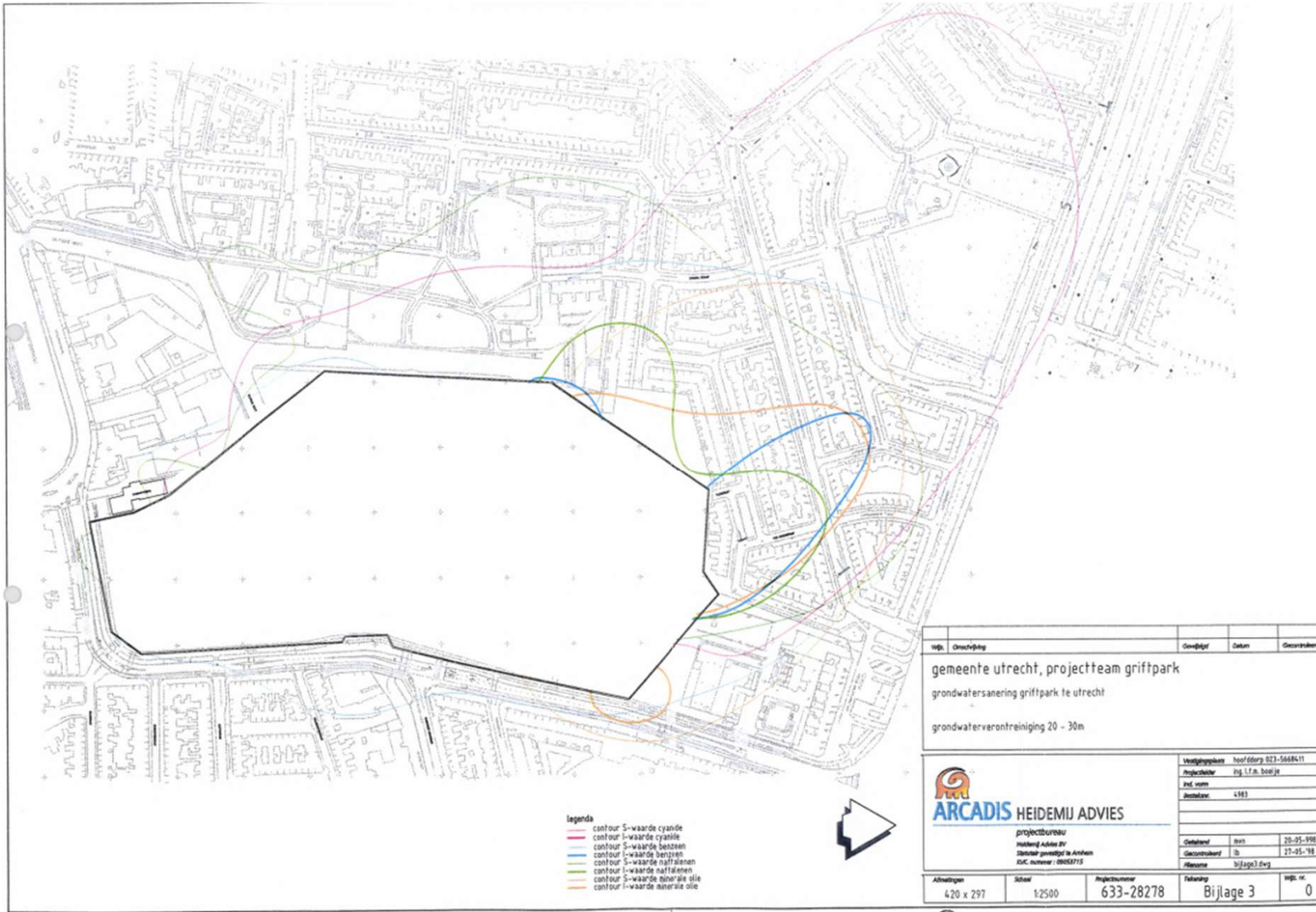


bodem breed









- legenda**
- contour S-waarde cyanide
 - contour I-waarde cyanide
 - contour S-waarde benzeen
 - contour I-waarde benzeen
 - contour S-waarde naftalenen
 - contour I-waarde naftalenen
 - contour S-waarde minerale olie
 - contour I-waarde minerale olie

- legenda**
- contour S-waarde cyanide
 - contour I-waarde cyanide
 - contour S-waarde benzeen
 - contour I-waarde benzeen
 - contour S-waarde naftalenen
 - contour I-waarde naftalenen
 - contour S-waarde minerale olie
 - contour I-waarde minerale olie

Wp.	Omschrijving	Gevraagd	Datum	Gecontroleerd
	gemeente utrecht, projectteam griffpark			
	grondwatersanering griffpark te utrecht			
	grondwaterverontreiniging 20 - 30m			
		Veiligheidsplan hoofddoel 023-5668411 Projectleider ing. J.F.M. Boelje Adv. vorm Bestelnr. 4983		
projectbureau Heidemij Advies Bv Stationsplein 10, Arnhem OIC nummer: 08052715		Getekend: lvh 20-05-98 Gecontroleerd: lb 27-05-'98 Afname: bijlage 3 d.v.g.		
Aantalpgen	Schaal	Projectnummer	Tekening	Wp. nr.
420 x 297	1:2500	633-28278	Bijlage 3	0

Nazorg vanaf 1999

1999 Feestelijke opening Griftpark

1999 Nazorgplan

- Instandhouding en controle IBC
- Grondwatersanering randgebieden

2005 start onttrekkingen randgebieden

2006 Ontdekking Griftparkbacterie in GWZI

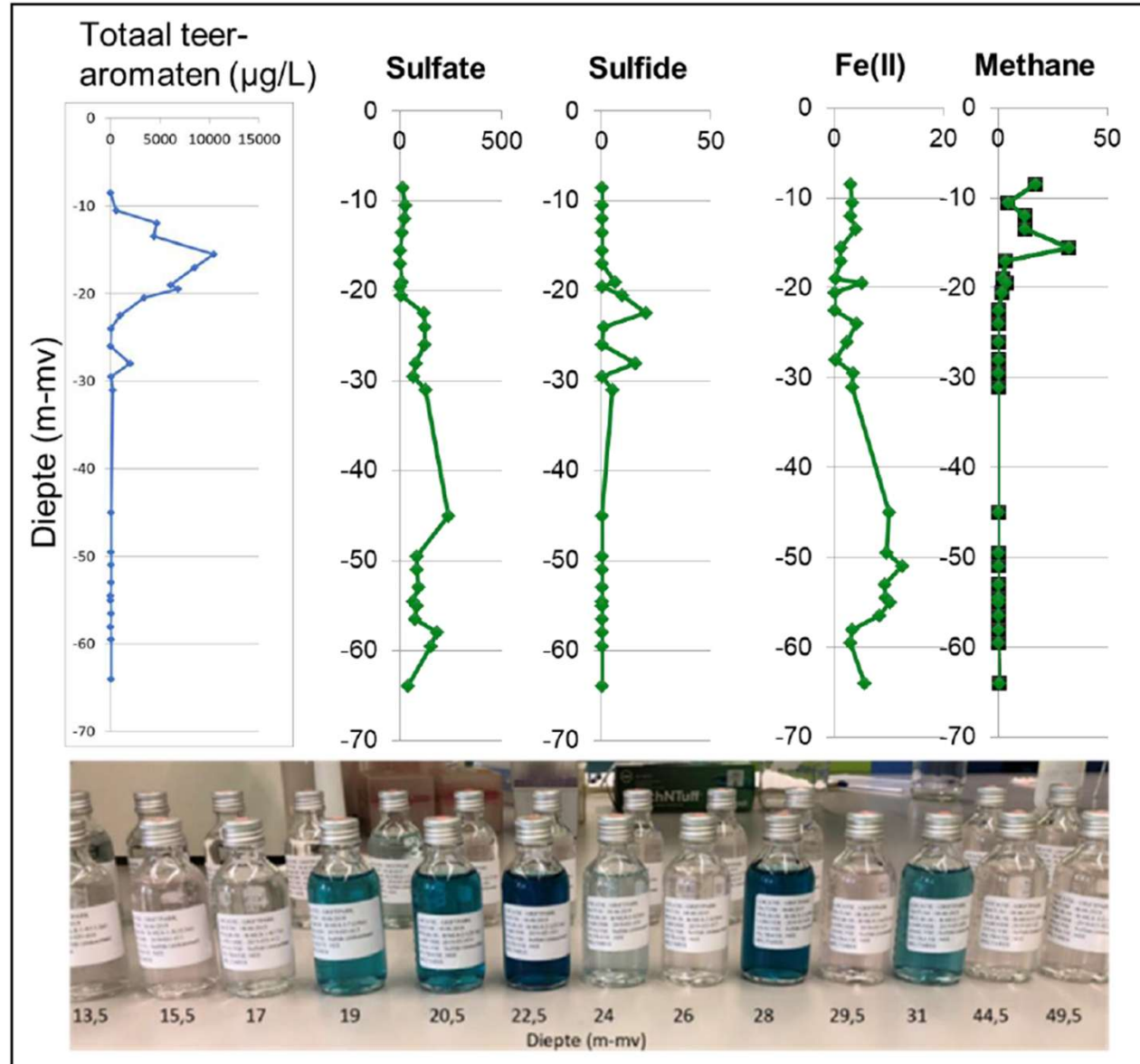
2018 Start project Bestparc 1^e fase

2023 Start project Bestparc 2^e fase

Bestparc fase 1

Doel: is bacteriële afbraak in de bodem voldoende om de nazorg af te bouwen?

- Beter inzicht krijgen in verspreiding van teerbronnen en opgeloste verontreinigingen.
- Treedt natuurlijke afbraak in de bodem daadwerkelijk op?
- Hoe goed is de verontreiniging geohydrologisch geïsoleerd?
- Wat zijn de gevolgen van stoppen of verminderen onttrekking?
- Kan biologische afbraak worden gestimuleerd als fall backscenario?



Bestparc fase 1 Resultaten

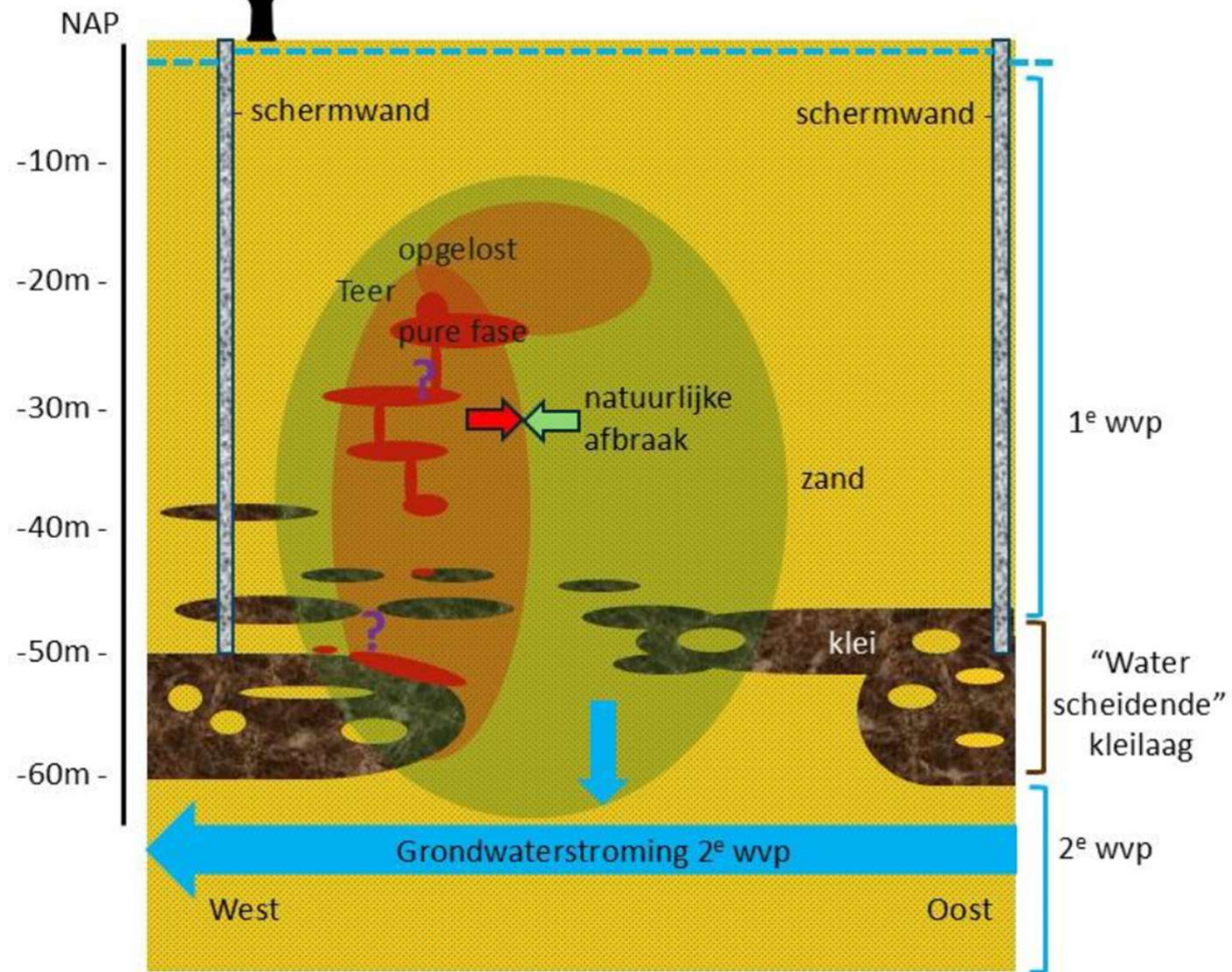
Verspreiding van verontreiniging: verspreiding van teerbronnen en verontreinigingen is complex. Teer is lokaal tot op diepere kleilagen aanwezig.

Natuurlijke afbraak: in de bodem vindt microbiële afbraak plaats onder zuurstofloze condities.

Effect van stimulatie: de afbraaksnelheid kan worden verhoogd door toevoeging van zuurstof, nitraat of sulfaat.

Conclusie: afbouw nazorg is mogelijk.

Eindrapportage is opgeleverd en beschikbaar.



Bestparc fase 2 vanaf 2023

1. Sulfaatpilot
2. Nitraatpilot
3. Constructed wetland (helofytenfilter)



Dank voor uw aandacht



symposium

bodem breed

BestParc Fase 2: Pilot sulfaatgestimuleerde afbraak

Het team van de “sulfaatpilot”

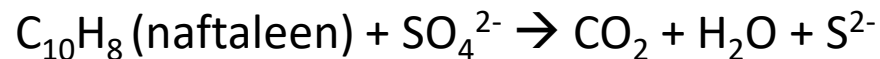
- Jan Gerritse (Deltares, Microbial Expertise)
- Antoine Booms (Aveco de Bondt)
- Jan Henk Schuurman, Benno Tjmmense (Sarpi)
- Jeroen VandenBruwane (Injectis)
- Danny de Graaff, Frank Volkering (TAUW)



frank.volkering@tauw.com

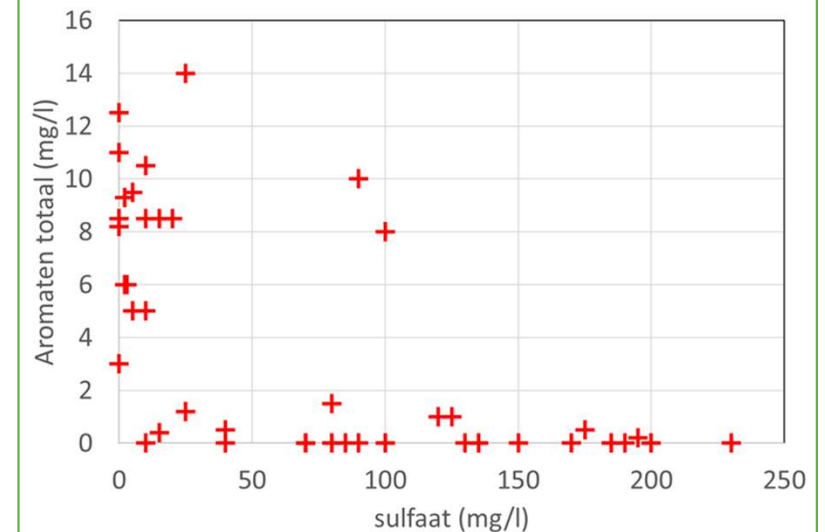
Waarom sulfaat?

1. Cruciale rol van sulfaat bij de natuurlijke afbraak van (teer)aromaten wordt steeds duidelijker. Vb:



2. Overduidelijk bewijs voor gebruik van sulfaat bij de afbraak van teer-aromaten in het Griftpark (Fase 1 BestParc)
3. In de vorm van gips (CaSO_4) is er een langwerkende bron van sulfaat beschikbaar

Overduidelijk bewijs voor gebruik van sulfaat bij de afbraak van teer-aromaten in het Griftpark



Maar: afbraak van aromaten met sulfaat is een langzaam proces

Wat waren de doelen van de pilot?

1. Aantonen dat het mogelijk is om gips(poeder) via injectie in de bodem te verspreiden
2. Aantonen dat gips een geschikte, langwerkende bron van sulfaat is
3. Aantonen dat het toedienen van sulfaat leidt tot afbraak van teeraromaten

Wat waren de uitdagingen?

1. Technisch aspecten

- Hoe zorgen we ervoor dat we gips goed verspreid in de bodem brengen op de gewenste diepte (20-30 m -mv)?
- Hoe tonen we het optreden van gestimuleerde afbraak aan?

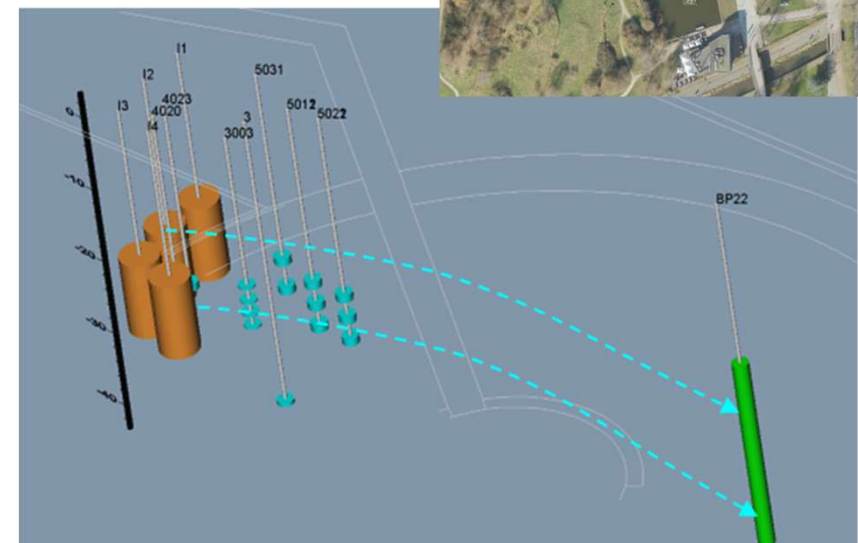
2. Tijdsduur van de pilot (15 maanden):

- De afbraak van aromaten met sulfaat is een langzaam proces: 15 maanden is waarschijnlijk te kort om afbraak aan te tonen
- De verwachte en gewenste werkingsduur van gips is langer dan 15 maanden

Ontwerp van de pilot

Scenario-analyse:

1. Injectie van gips in een (sterk) verontreinigde zone waar sulfaat is verbruikt
2. Gecontroleerde hogedruk-injectie
3. Gebruik van een beheersonttrekking om verspreiding van sulfaat te realiseren
4. Monitoringsysteem om:
 - Verspreiding van sulfaat te volgen
 - Afbraak aan te tonen
5. Gebruik van meerdere bewijslijnen



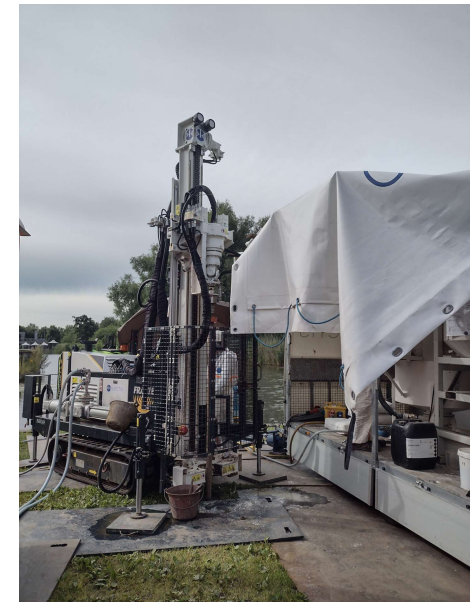
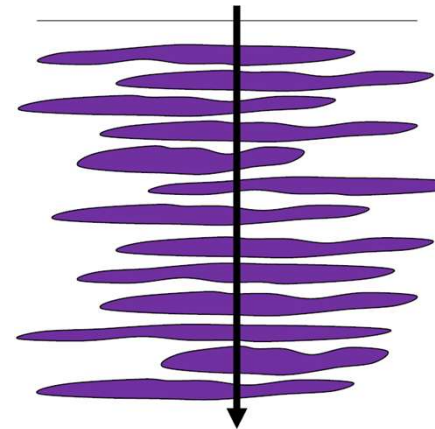
Ontwerp van de pilot

Gecontroleerde hoge-druk injectie

Injectie juist boven de kritieke druk: verspreiding van gipsdeeltje in slurry via microfractures

Gebruik van de kennis en expertise van Injectis (SPIN[®] injectie)

- Dieptetraject 20-30 m –mv
- 200 L/m, 300 g/l → 600 kg gips per injectie
- Injectieduur 1 week



Hoe is de pilot verlopen?

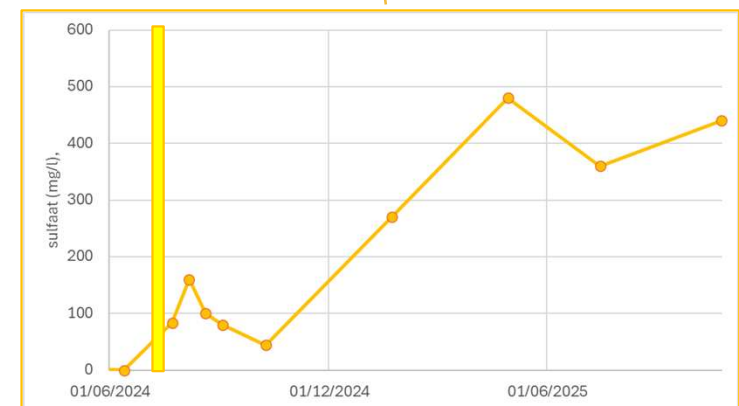
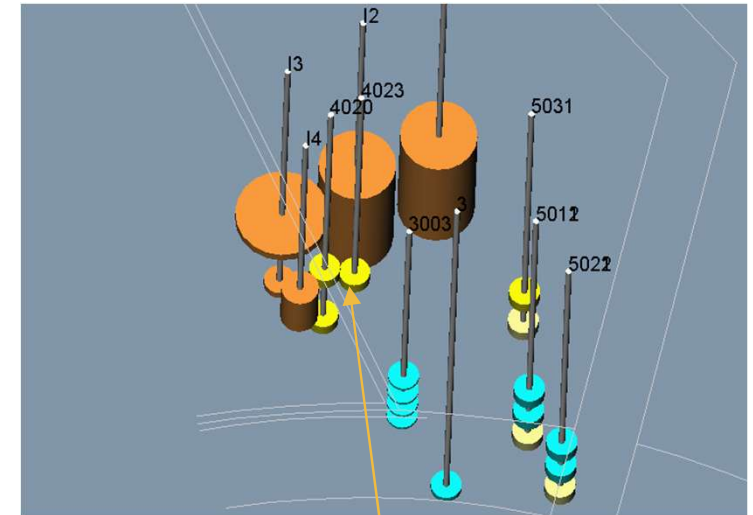
Uitvoering van de injecties en verspreiding van sulfaat:

- Eerst twee injecties volgens planning uitgevoerd
- 3^e en 4^e injectie vastgelopen, waarschijnlijk door reactie gips en verdikkingsmiddel

→ Monitoringszone slechts deels beïnvloed door sulfaat

Maar:

→ wel hoge sulfaatconcentraties gedurende 15 maanden



Is gestimuleerde afbraak aangetoond?

Aanwezigheid puur product (teer) bemoeilijkt de interpretatie:

- Concentraties teercomponenten en stabiele isotopen analyses voor meeste stoffen geen geschikte bewijslijnen
- Intermediare analyse levert bewijs voor afbraak meerdere aromaten, maar onderscheid met NA niet te maken
- DNA-analyses laten zien dat de afbraakcapaciteit voor naftaleen en mono-aromaten duidelijk is toegenomen
- Controle nitraatpilot levert (onbedoeld) bewijs voor afbraak benzeen en naftaleen via stabiele isotopen analyse

Zijn de doelstellingen behaald?

- Injectie van een gipsslurry is mogelijk, maar optimalisatie nodig
- Gedurende hele pilotduur nalevering van sulfaat
- Gestimuleerde afbraak aangetoond voor een deel van de teercomponenten

	Benzeen	Tolueen	Ethyl benzeen	Xyleen	Naftaleen	Indaan	Indeen	TMB
Concentratie verontreiniging	+/-	+/-	0	0	0	0	0	0
Isotopen	+	0	0	0	0	0	0	0
Metabolieten	0	0	0	0	0	*	*	*
DNA	+/-	0	0	0	+	*	*	*
Conclusie	+	+/-	0	0	+	0	0	0

Wat betekent dit voor de toekomstige aanpak in het Griftpark?

Het op diepte toedienen van gips is technisch mogelijk en lijkt een geschikte fallback maatregel

Het is ook mogelijk om gips toe te dienen als voorzorgsmaatregel:

- Ondiep aanbrengen
- Preventief injecteren in sterkst verontreinigde zones

Dank voor uw aandacht



symposium

bodem breed

BestParc Fase 2: Pilot Nitraatgestimuleerde afbraak

Voorstellen

Iris van der Veen

TAUW sinds 2018

Team bodem & water Capelle

Iris.vanderveen@tauw.com



Hèt netwerk event van bodem en ondergrond

Fieldlab nitraatpilot

Jan Gerritse (Deltares, Microbial expertise)

Kees Fris (Antea)

Frank Volkering, Iris van der Veen (TAUW)



Waarom doen we deze pilot?

Met nitraat aromatenafbraak stimuleren als terugvalscenario

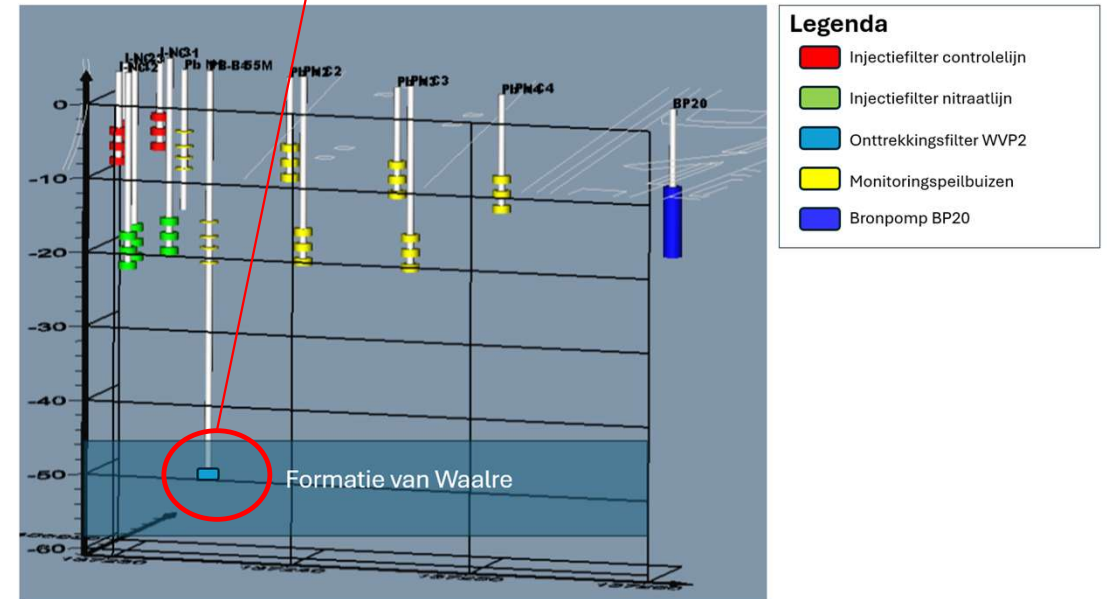
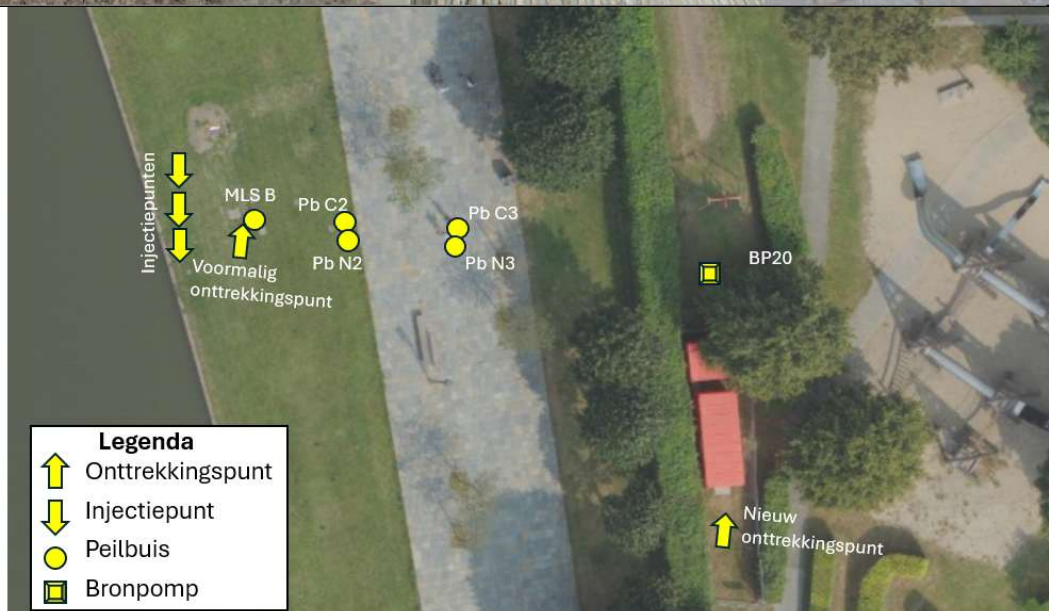
- Toetsen of nitraatinjectie in het Griftpark technisch uitvoerbaar is onder veldomstandigheden
- Vaststellen of het geïnjecteerde water en nitraat het beoogde deel van het proefveld bereiken
- Beoordelen of nitraat leidt tot veranderingen in de geochemie van het grondwater
- Onderzoeken of nitraat de natuurlijke afbraak van opgeloste teeraromaten stimuleert
- Evalueren of nitraatinjectie perspectief biedt als terugvalmaatregel bij afbouw van de huidige grondwaterbeheersing



Hoe hebben we het ingericht?



Sulfaat en nitraatrijk water uit WVP2 met de juiste "beestjes" aanwezig



Hoe is de pilot verlopen?

- Veldmetingen
- Tracers
- Analyse teeraromaten
- DNA
- Isotopen
- Intermediären



Grondwater met fluoresceïne tracer



Wat was het resultaat van de pilot?

Hydraulisch effect

- ✓ Injectiewater bereikte het proefveld
- ✓ Fluoresceïne aangetoond in meerdere monitoringsfilters

Geochemisch effect

Effect op verontreiniging en afbraak



Wat was het resultaat van de pilot?

Hydraulisch effect

- ✓ Injectiewater bereikte het proefveld
- ✓ Fluoresceïne aangetoond in meerdere monitoringsfilters

Geochemisch effect

- ✓ Nitraat in de diepe lijn
- ✓ Tijdens verloop pilot bewijs voor nitraatverbruik

Effect op verontreiniging en afbraak



Wat was het resultaat van de pilot?

Hydraulisch effect

- ✓ Injectiewater bereikte het proefveld
- ✓ Fluoresceïne aangetoond in meerdere monitoringsfilters

Geochemisch effect

- ✓ Nitraat in de diepe lijn
- ✓ Tijdens verloop pilot bewijs voor nitraatverbruik

Effect op verontreiniging en afbraak

- ✓ Aanwijzingen voor gestimuleerde afbraak
- ✓ DNA en metabolieten ondersteunen biologische afbraak
- ✓ Controlelijn liet óók effect zien door sulfaatinbreng

Wat was het resultaat van de pilot?

Hydraulisch effect

- ✓ Injectiewater bereikte het proefveld
- ✓ Fluoresceïne aangetoond in meerdere monitoringsfilters

Geochemisch effect

- ✓ Nitraat in de diepe lijn
- ✓ Tijdens verloop pilot bewijs voor nitraatverbruik

Effect op verontreiniging en afbraak


- ✓ Aanwijzingen voor gestimuleerde afbraak
- ✓ DNA en metabolieten ondersteunen biologische afbraak
- ✓ Controlelijn liet óók effect zien door sulfaatinbreng

Pilot levert proof of concept

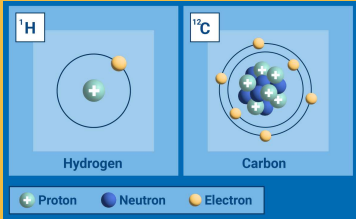
Wat was het resultaat van de pilot?

Speciale aandacht voor de “specialties”

DNA



Isotopen



Intermediären



Wat betekent dit voor de toekomstige aanpak in het Griftpark?



Nut van de pilot

- Technische haalbaarheid aangetoond
- Proof-of-concept voor gestimuleerde afbraak
- Meer inzicht in rol van nitraat (en sulfaat)

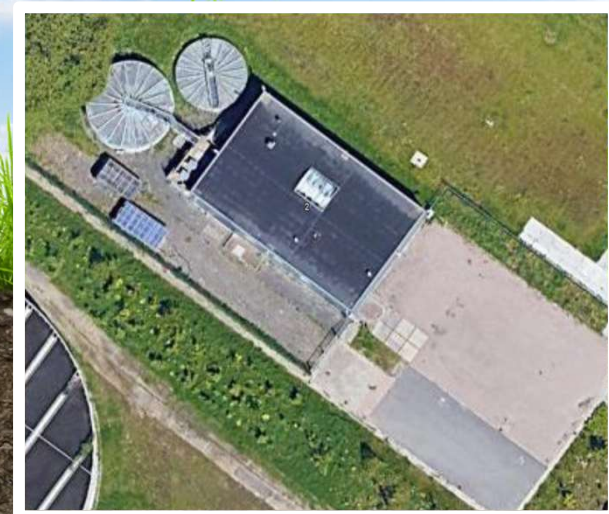
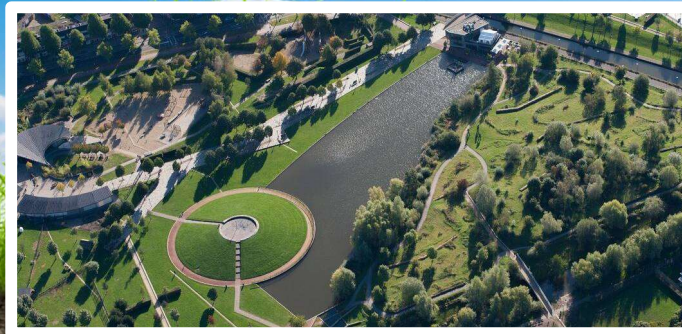
Toekomstbeeld

- Mogelijk toepasbaar bij diepe kleilagen en 2^e wvp
- Input voor BestParc fase 3
- Modelleren van scenario's en maatregelen
- Onderbouwing voor gefaseerde afbouw met terugvalopties

Dank voor uw aandacht



symposium bodem breed



Constructed wetland als biologische zuivering, pilot 3



PROVINCIE  UTRECHT



Wie werken samen aan deze pilot?



**Universiteit
Utrecht**



KWR

Watercycle Research Institute



Wie is Johan?

Wetenschappelijk onderzoeker

- PFAS gedrag in de (on-)verzadigde bodem
- PFAS atmosferische depositie
- Biologische afbraak verontreinigingen
- Ontwikkelen duurzame saneringstechnieken
- DNAPLs (twee fase stroming)



Universiteit
Utrecht

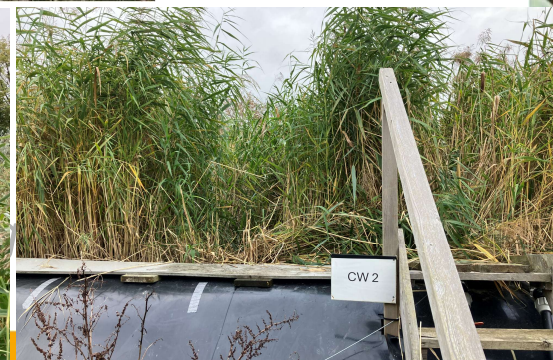
KWR
Watercycle Research Institute



Dr. ing. J.A. (Johan) van Leeuwen
Senior fellow / research associate Utrecht university
Senior onderzoeker KWR Nieuwegein

Waarom doen we deze pilot?

- Constructed wetland pilot 3 = fallback scenario
- Indien nog grondwater moet worden onttrokken, kunnen we dat verontreinigd grondwater reinigen middels een Helofytenfilter+

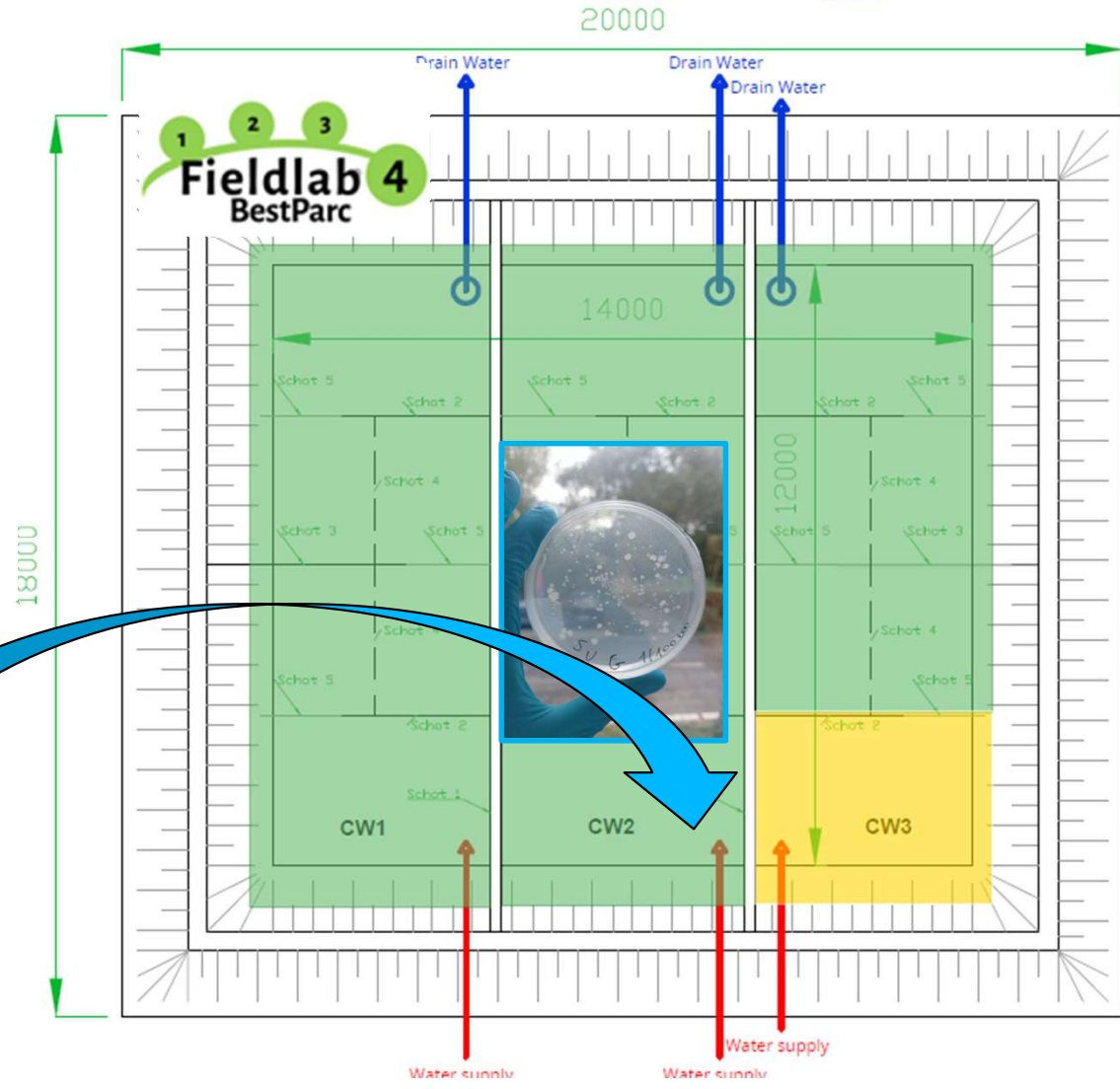
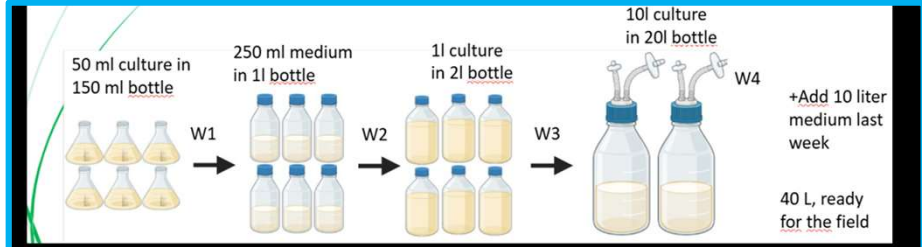


Hoe hebben we hem ingericht?

Setup: 3 verschillende behandelingen

- CW1: controle / neg. referentie
- CW2: lucht toediening (microbellen)
- CW3: 3% actieve kool in matrix

CW2 bioaugmentatie



Hoe is de pilot verlopen?

Pilot = 18 maanden (door seizoensinvloeden)

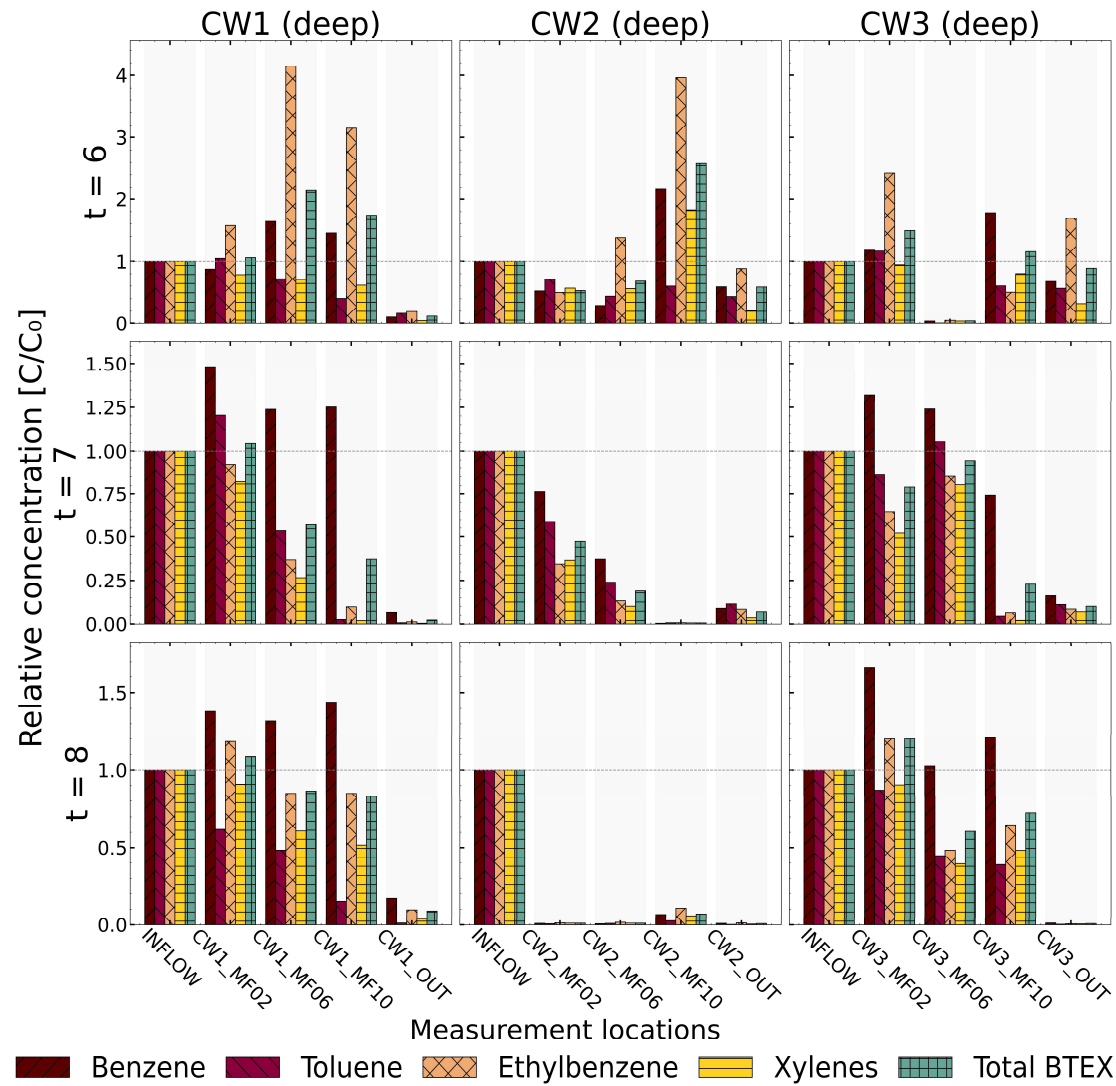
Start Pilot	T=0.1	T=0	T=1	T=2	T=3	T=4	T=5	T=6	T=7	T=8
Sampling date	27/05/2024	12/08/2024	15/10/2024	17/12/2024	17/02/2025	15/04/2025	16/06/2025	13/08/2025	27/10/2025	16/12/2025
Operational information	Baseline measure									
Sample count	N=8	N=22	N=22	N=22	N=22	N=22	N=22	N=22	N=22	N=22

- Fosfaat
- Opgelost koolstof en totaal koolstof
- Chloride
- Nitriet / nitraat
- Sulfaat
- Opgelost ijzer
- Opgelost mangaan
- BTEX, fenolen, PAK, minerale olie
- pH
- Redox
- Temperatuur
- Zuurstof
- Neerslag
- Wind



Wat was het resultaat van de pilot?

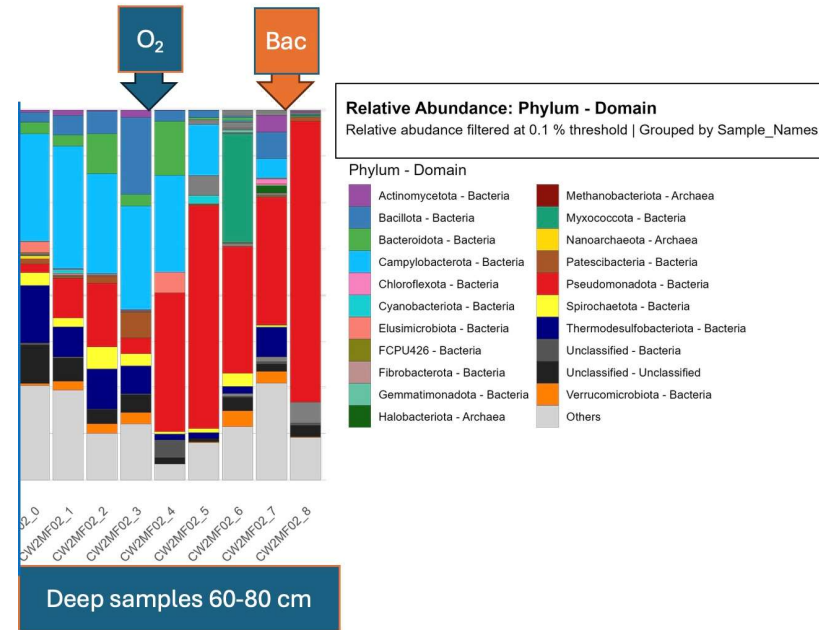
met O₂ werkt eigenlijk best goed



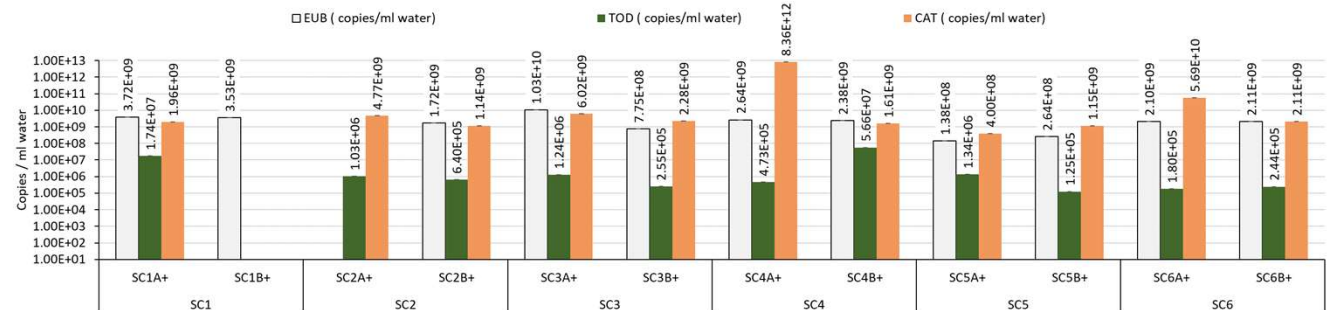
Wat was het resultaat van de pilot?

DNA

16S amplicon sequencing
(microbiologie samenstelling)



qPCR: selectie van monsters en target genen



Wat betekent dit voor de toekomstige aanpak in het Griftpark?



Toekomstbeeld:

- In een constructed wetland kunnen relatief hoge concentraties van Griftpark verontreinigingen goed worden afgebroken met behulp van lucht dosering in de vorm van nanobellen.
- Indien bij een toekomstig scenario verontreinigd effluent moet worden gezuiverd is dit kansrijk/haalbaar met de geteste methode.



Dank voor uw aandacht



symposium

bodem breed

Bestparc Verspreiding teercomponenten : het model Johan Valstar (Deltares)

Inhoud presentatie

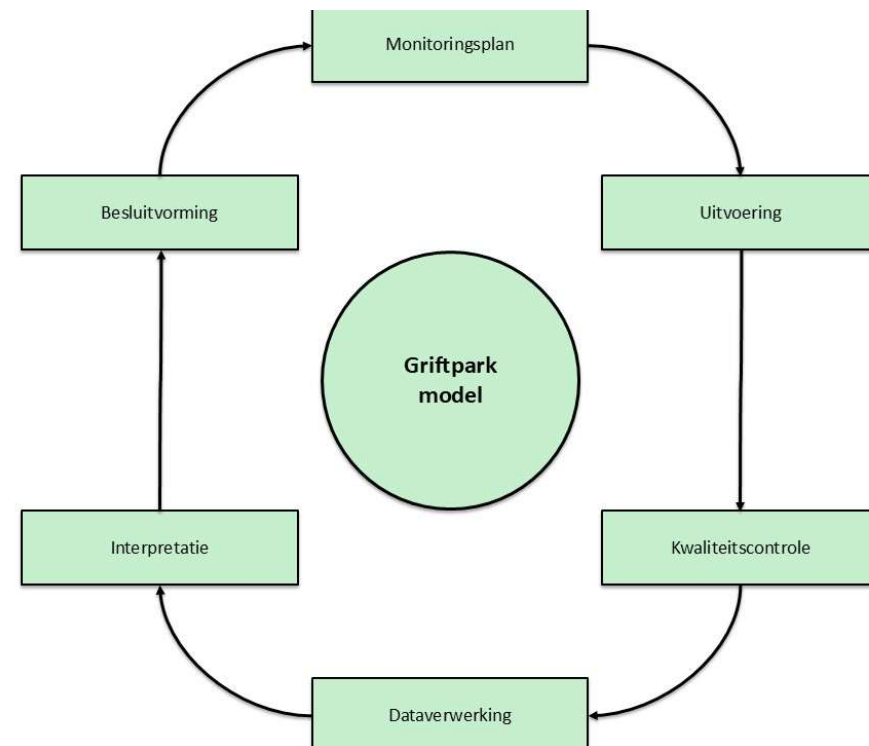


- . Inleiding en doel
- . Geohydrologie
- . Verontreiniging
- . Modelopzet
- . Resultaten
- . Monitoring

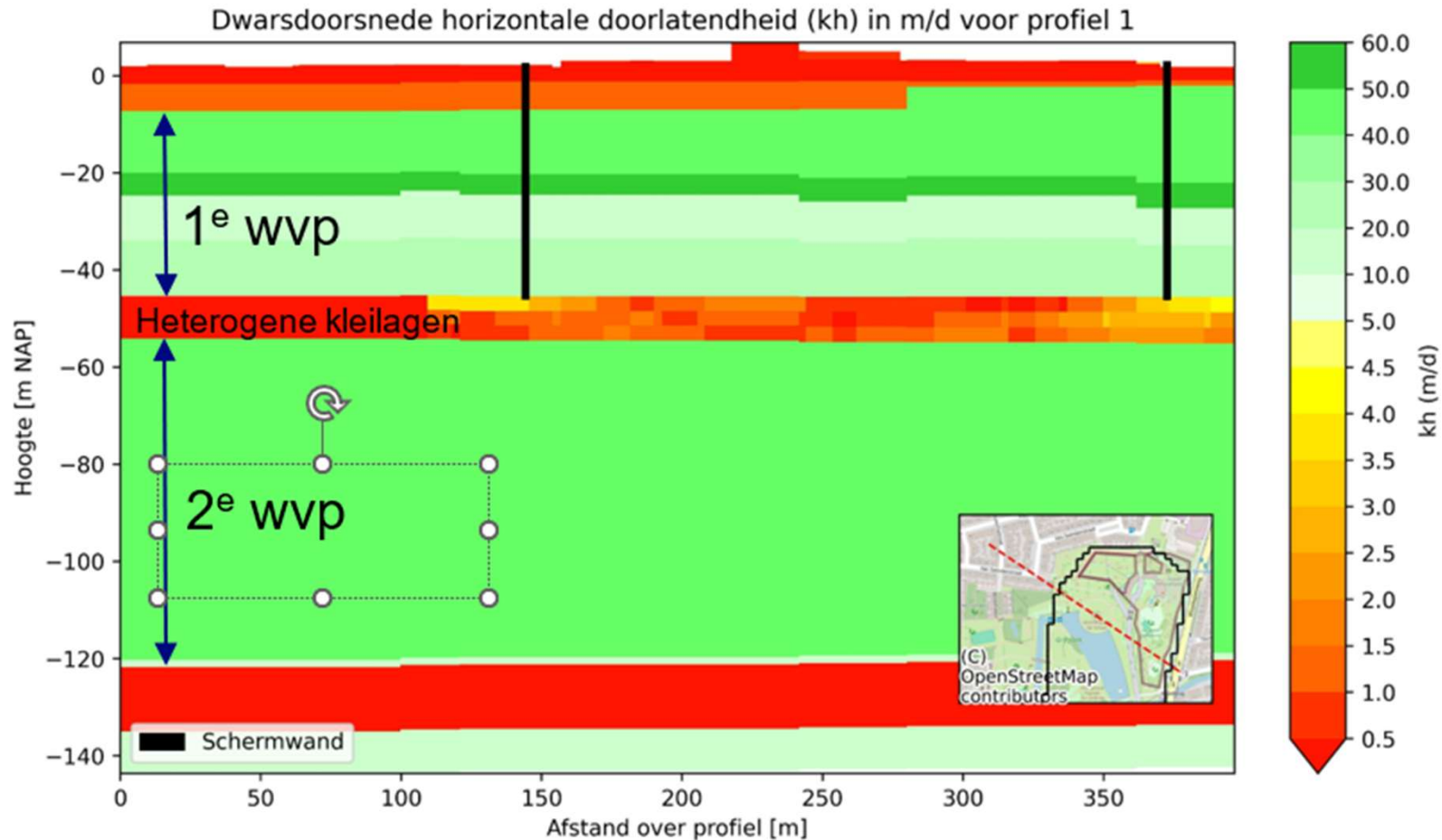
Inleiding en doel

Wens gemeente: Stop de pompen!

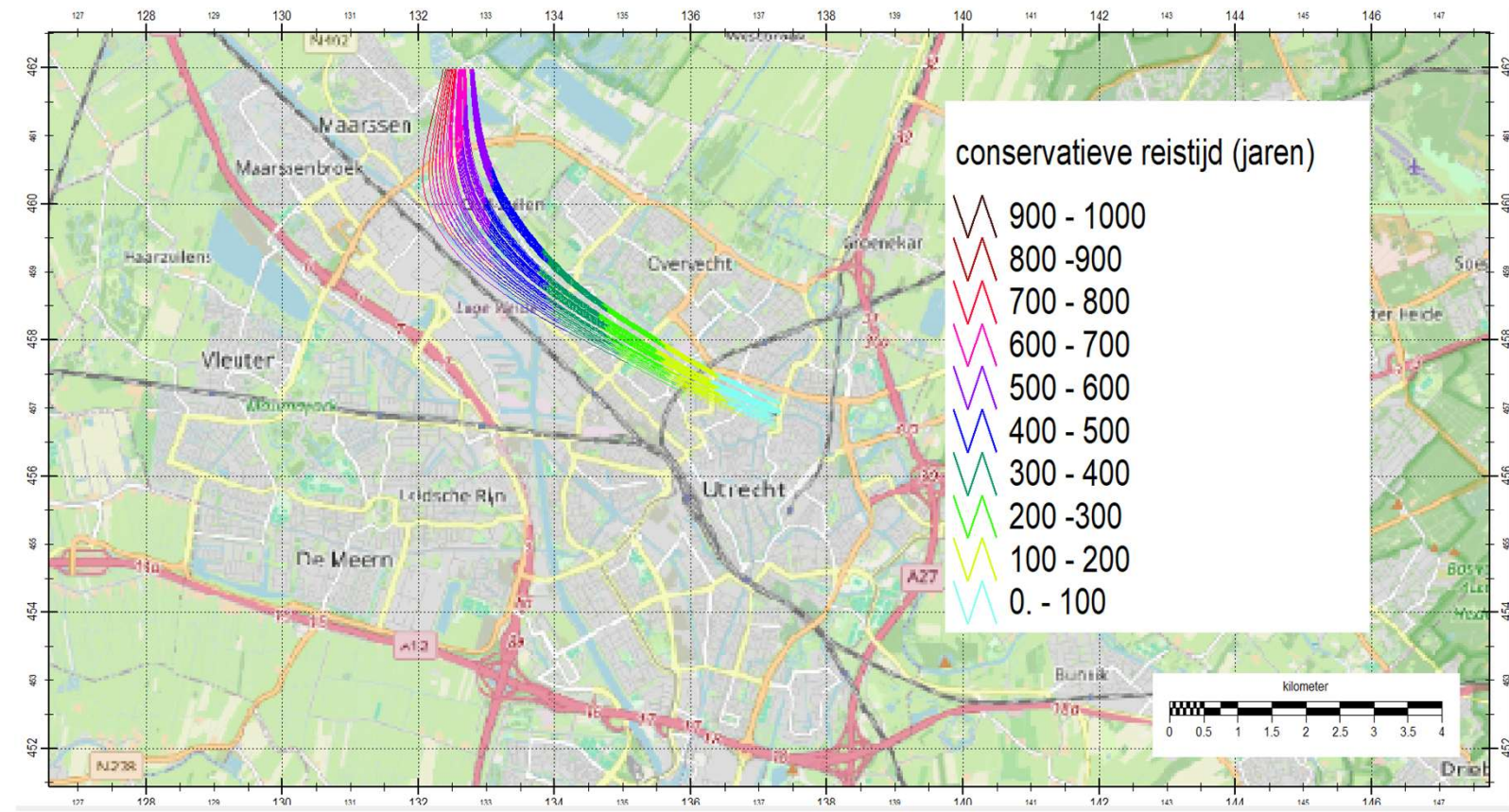
Doel: modelleren en monitoren of dit kan met geen of minimale nazorg



Geohydrologie: Bodemopbouw



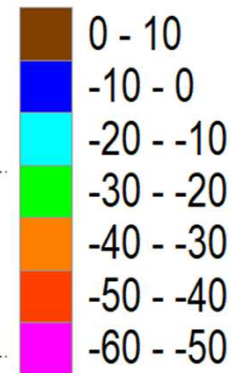
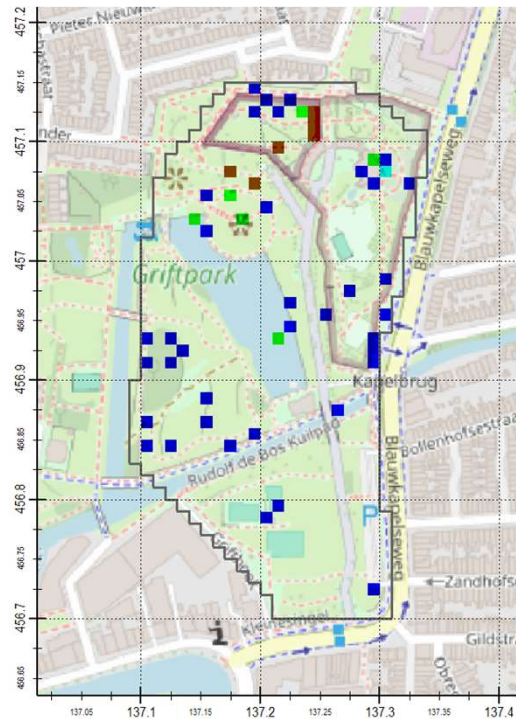
Geohydrologie: stroming in 2^e wvp



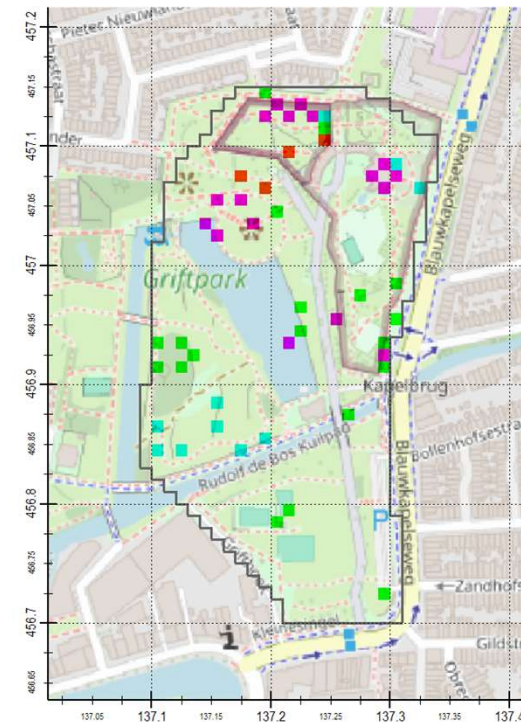
Verontreiniging: bronzone teer

• Op basis van o.a. historisch onderzoek, peilbuizen, UVOST-sonderingen

• Bovenkant bronzone



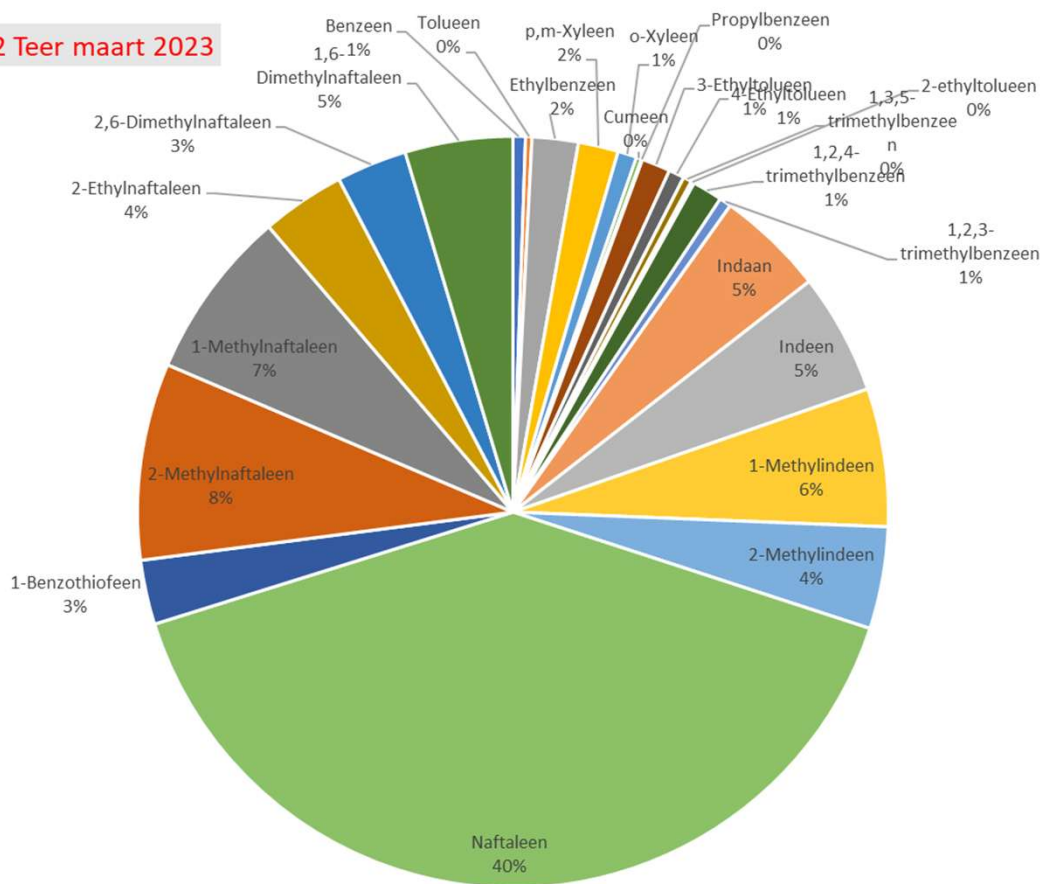
• Onderkant bronzone



Verontreinigingssituatie

• Samenstelling teer

B22 Teer maart 2023



Model

Keuze componenten:

- > 2 % van totaal opgeloste teer
- trimethylbenzeen
- 13 componenten

Reactief transportmodel in PHT3D

Afbraak met nitraat, ijzer, sulfaat en methanogenese met Michaelis-Menten kinetiek

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{dC_{i,NO_3^-}}{dt} + \frac{dC_{i,Fe^{3+}}}{dt} + \frac{dC_{i,SO_4^{2-}}}{dt} + \frac{dC_{i,CH_4}}{dt}$$

$$\frac{dC_{i,SO_4^{2-}}}{dt} = -k_{i,SO_4^{2-}} \cdot C_i \cdot \frac{C_{SO_4^{2-}}}{C_{SO_4^{2-}} + K_{SO_4^{2-}}} \cdot \frac{I_{NO_3^-}}{C_{NO_3^-} + I_{NO_3^-}} \cdot I_{pH}$$

+ evenwichtschemie: bijvoorbeeld oplossen van calcië

Reactief transportmodel: afbraakconstanten



Op basis van:

1 lab-experimenten

2 stabiele situatie voor IBC (Tauw, 1999)

3 expert judgement

4 conservatieve aanname

Component	Afbraakconstante k (1/dag)			
	Nitrat-reducerend	IJzer-reducerend	Sulfaat-reducerend	Methanogeen
Benzeen	0	0.006	0.006	0
Tolueen	0.000822	0.0037	0.0037	0
Ethylbenzeen	0.01484	0.0053	0.0053	0.000689
P/M Xyleen	0.00664	0.0051	0.0051	0.000638
o-xyleen	0.00145	0.005	0.005	0.000860
3-ethyltolueen	0.0115	0.0944	0.0944	0
Indaan	0.00215	0.0035	0.0035	0.00113
Indeen	0	0.0042	0.0042	0.00113
1-methylindeen	0	0.0042	0.0042	0.00113
2-methylindeen	0	0.0042	0.0042	0.00113
Naftaleen	0.00148	0.0032	0.0032	0.000544
Benzo[b]thiofeen	0	0	0	0
2-methylnaftaleen	0.00148	0.0032	0.0032	0.000544
1-methylnaftaleen	0.00148	0.0032	0.0032	0.000544
trimethylbenzeen	0	0	0	0

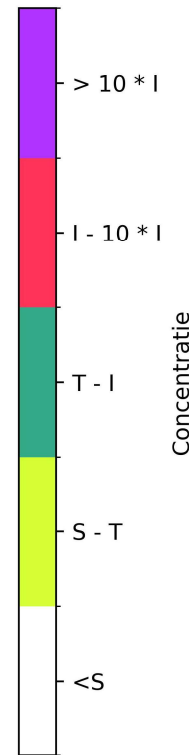
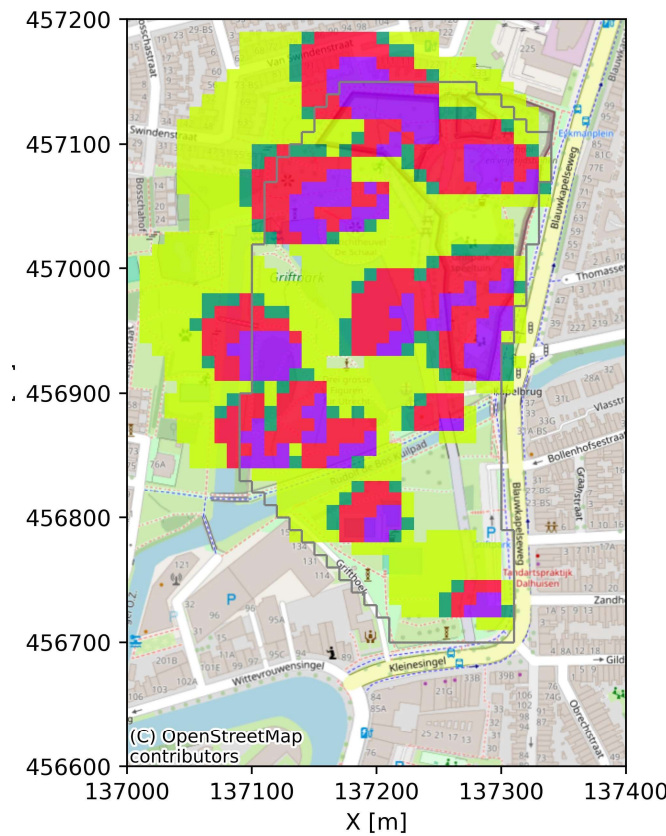
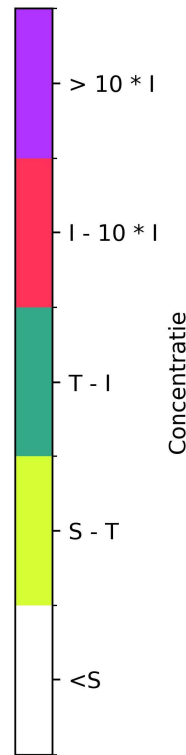
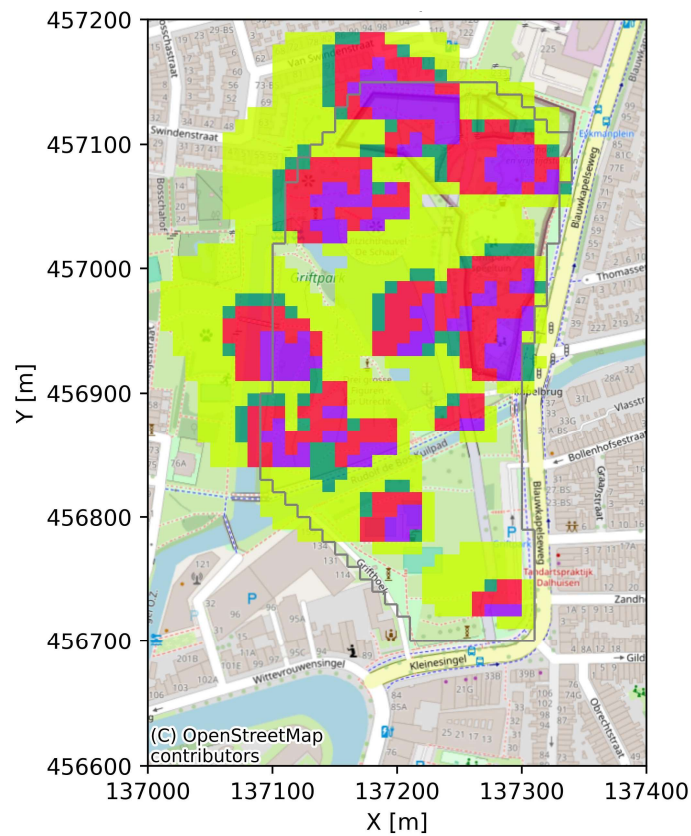
Modelscenario's

1. **Basis scenario met best guess afbraak**
2. Lage afbraak
3. Bronzone in het 2^e wvp
4. Fictief gat in kleilaag
5. Als basis scenario, zonder vast ijzer -> uitputting van sulfaat

Basismodel, best guess afbraak: benzeen in 1^e wvp

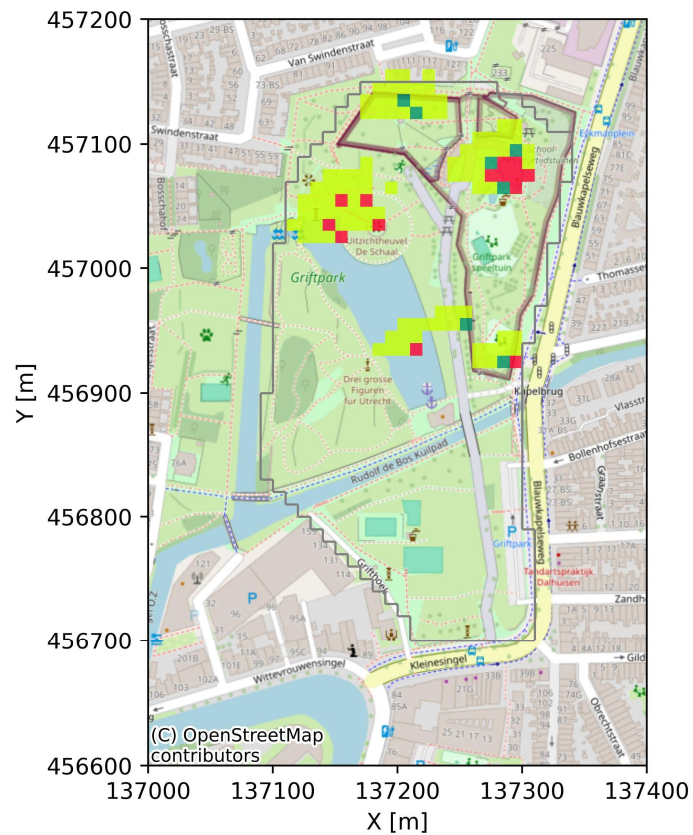
2045

2075

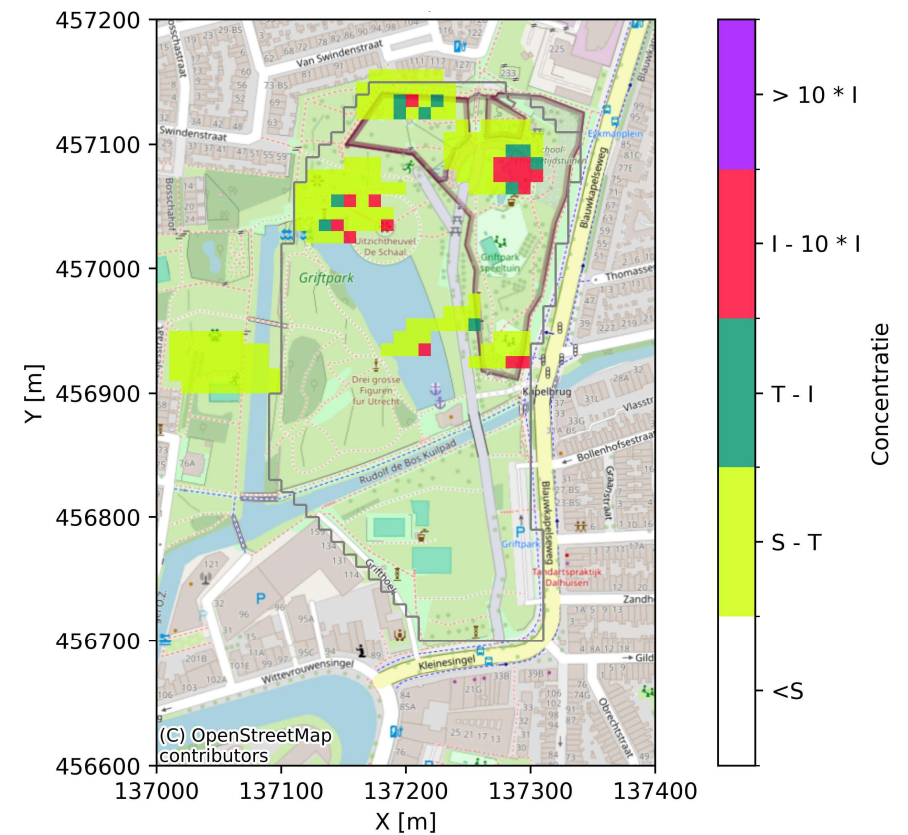


Basismodel, best guess afbraak: benzeen in 2^e wvp

2045



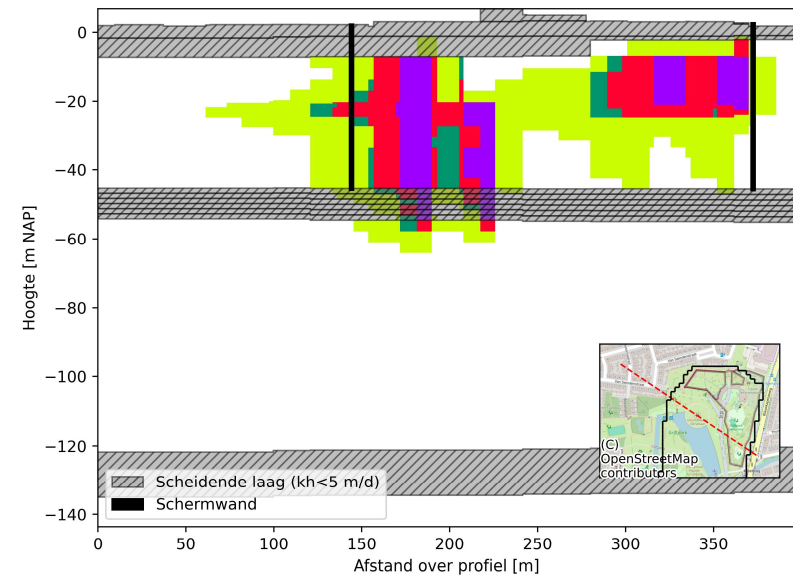
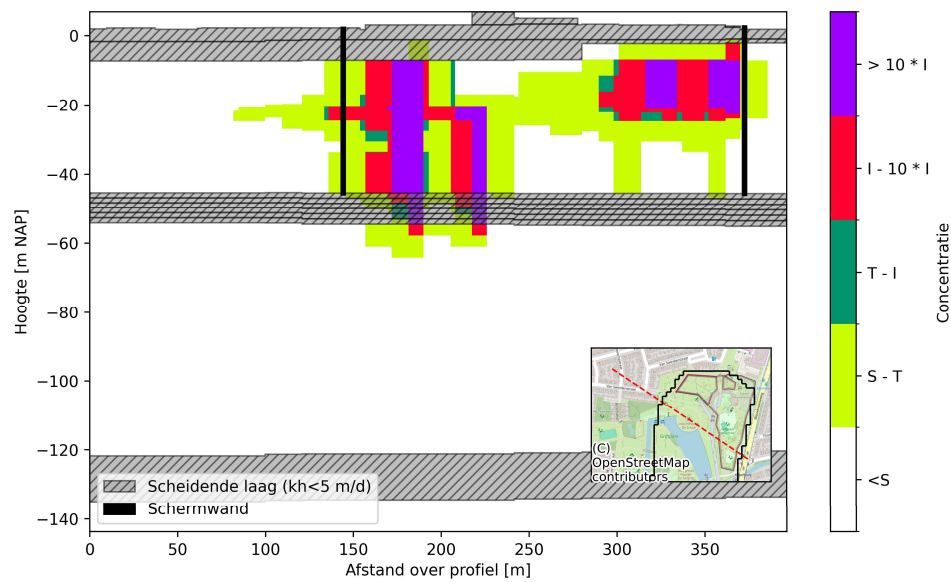
2075



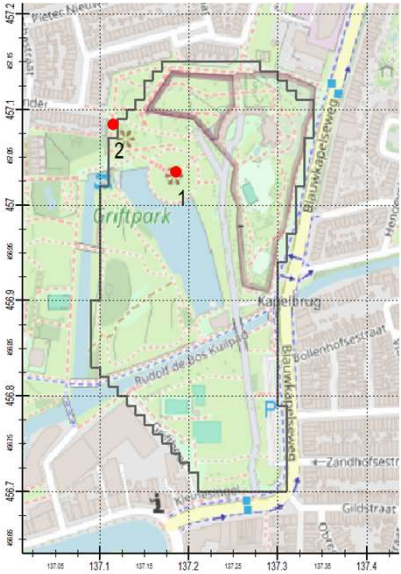
Basismodel: dwarsdoorsnede 1: benzeen

2045

2075



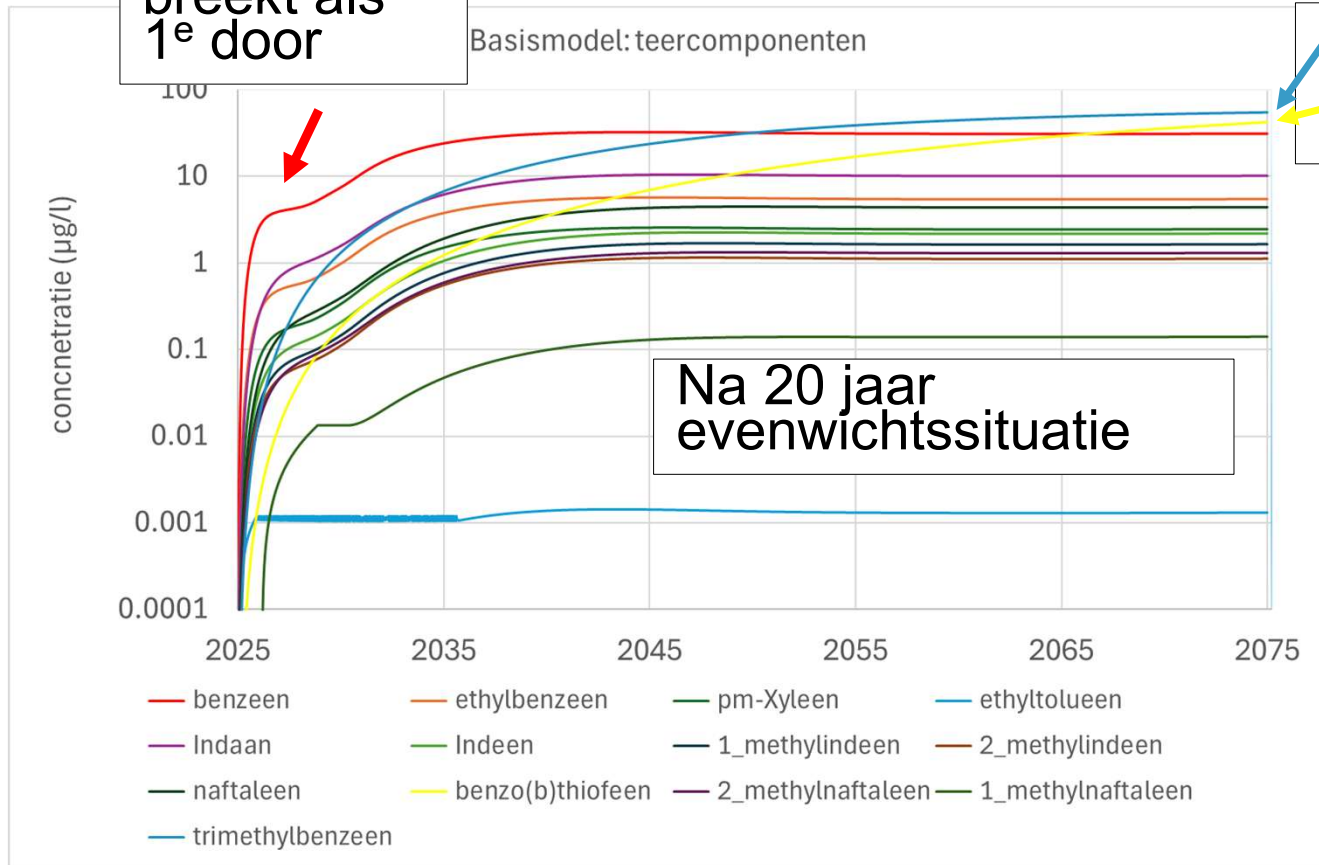
Observatiepunt 1 (2^e wvp Accuberg)



Benzeen breekt als 1^e door

Basismodel: teercomponenten

Trimethylbenzeen + benzo(b)thiofeen breken niet af

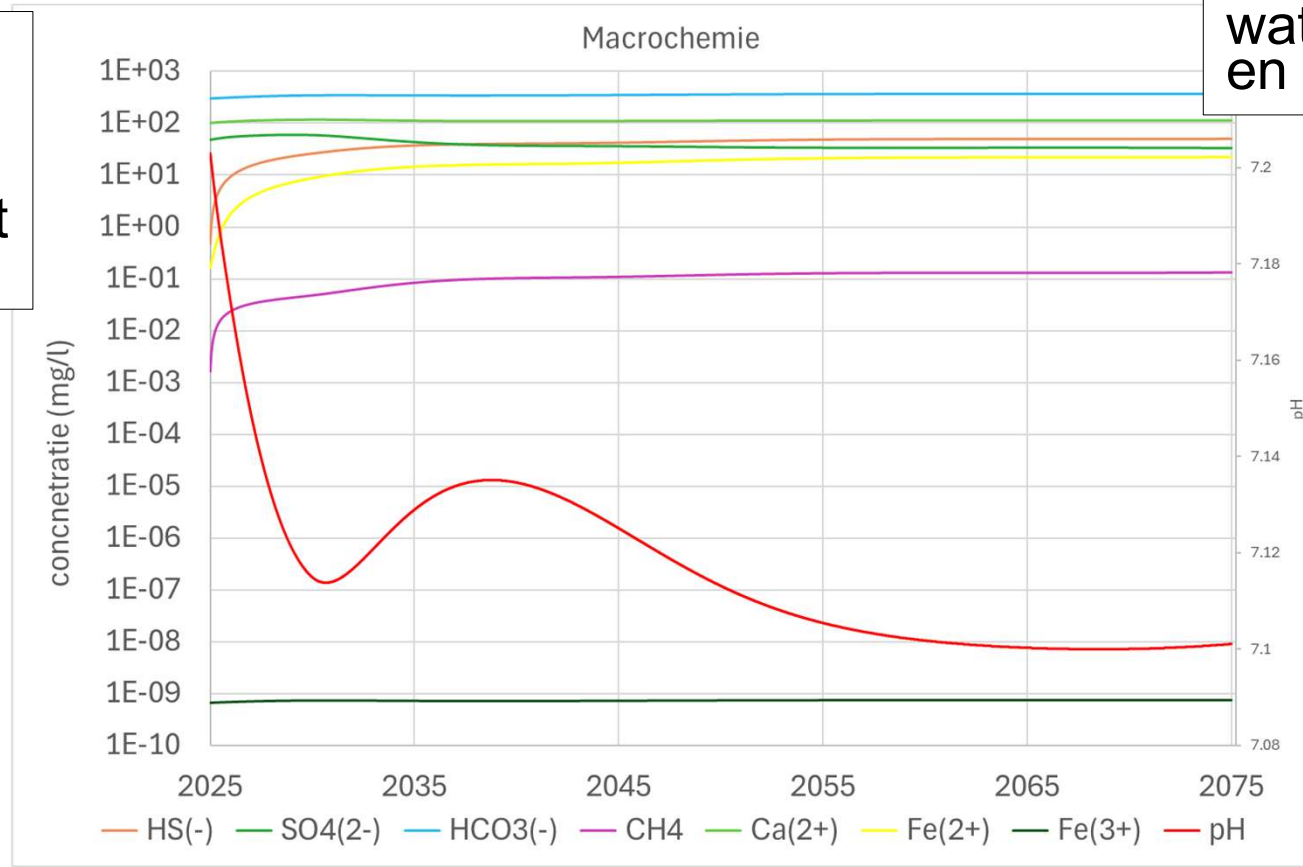
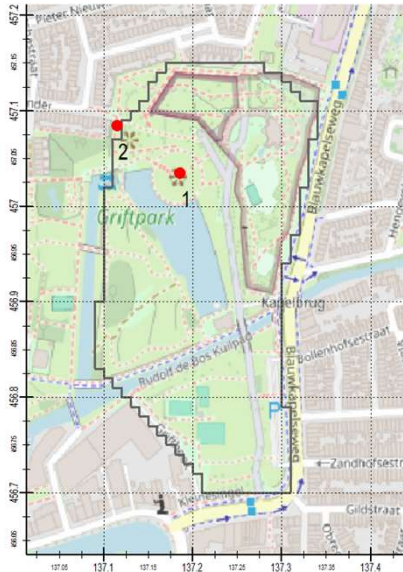


Observatiepunt 1 (2^e wvp Accuberg)

afname sulfaat,
toename
waterstofsulfide
en Fe(2+)

pH tussen 7.2-7.1

➔ afbraak vooral met sulfaat & in mindere mate met ijzer

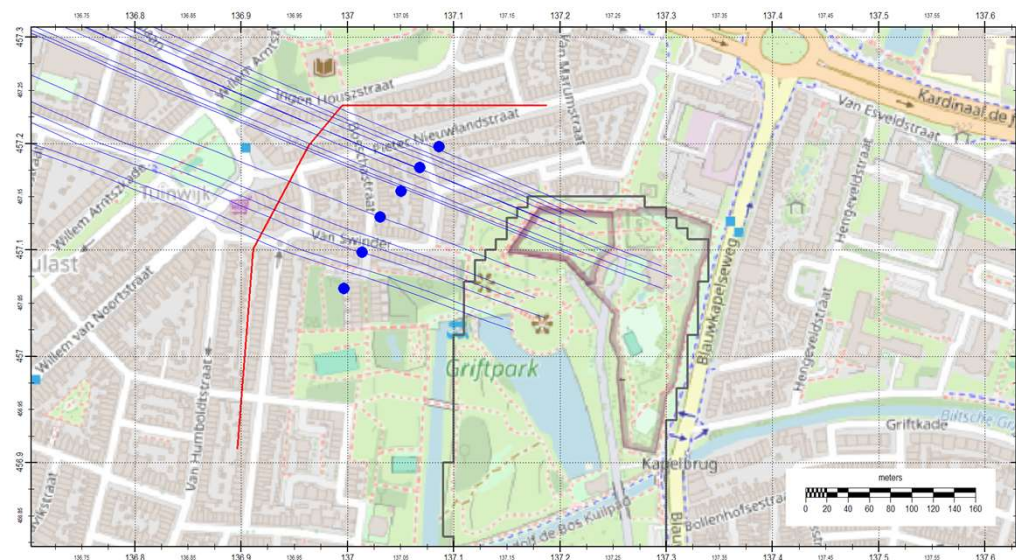


Monitoringsstrategie

Work in progress

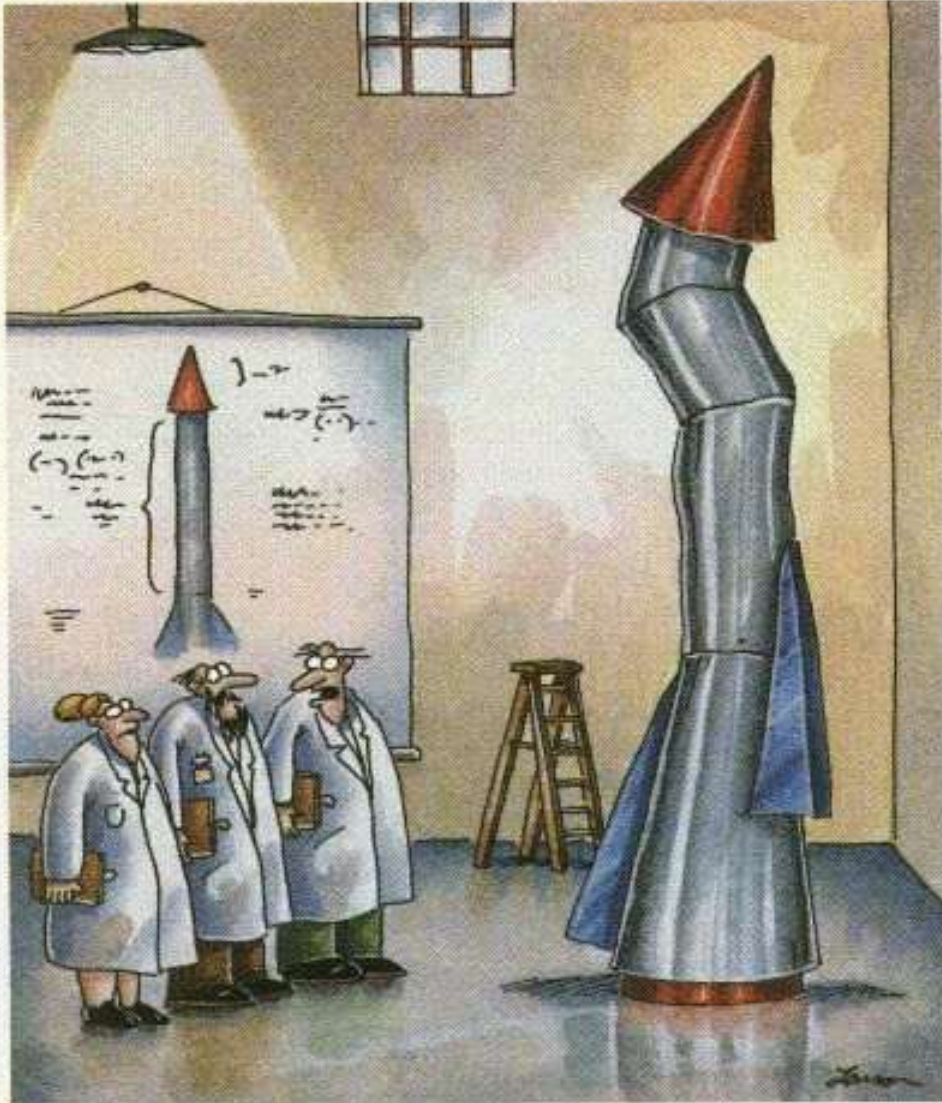
Afstemming met bevoegd gezag:

- Wel of geen keuze beheergrens?
- Signaalgrens en signaalwaarden?
- Uitdaging voor procesmonitoring in 2^e wvp: geen peilbuizen in 2^e wvp bij teer op kleilaag!



Dank voor uw aandacht





"It's time we face reality, my friends. ... We're not exactly rocket scientists."

Vragen?
STOP de pompen!

Stellingen

1. Na 140 jaar verontreinigen (1995) was verspreiding beperkt. Dus waar maken we ons druk over?
2. Monitoren, óók na het stopzetten van de pompen, is zinloos én geldverspilling.
3. Met de kennis van NU zouden we de schermwand NOOIT hebben gebouwd.

voor straks lekker slapen en
morgen gezond weer op

