

# Pilotforsøg med mekanisk beluftning af jord forurennet med klorerede opløsningsmidler

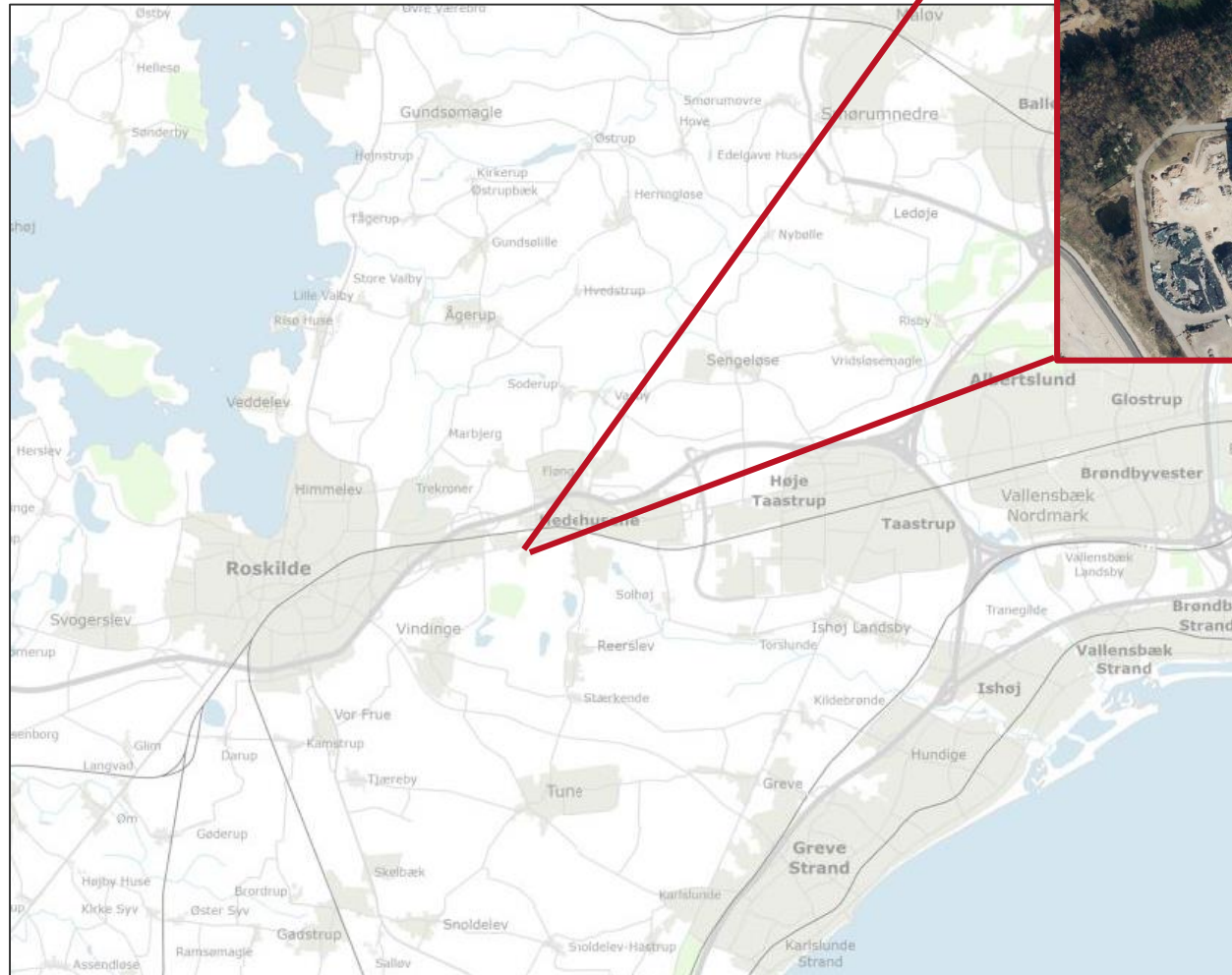
## **ATV Vintermøde 2024**

6. marts 2024

Kasper Søager  
Jesper Bruhn Nielsen  
Anders G. Christensen  
Rune Emil Jacobsen



# Baggrund



- På arealet, hvor ROCKWOOL tidligere har haft produktion i Hedehusene, findes kraftig forurening med bl.a. klorerede opløsningsmidler – primært TCE
- ROCKWOOL ønsker at rense arealet op med fokus på genanvendelse og mindsket miljøbelastning
- Derfor søges alternativer til bortkørsel og deponering af jord
- Gennemført pilotforsøg med beluftning af jord



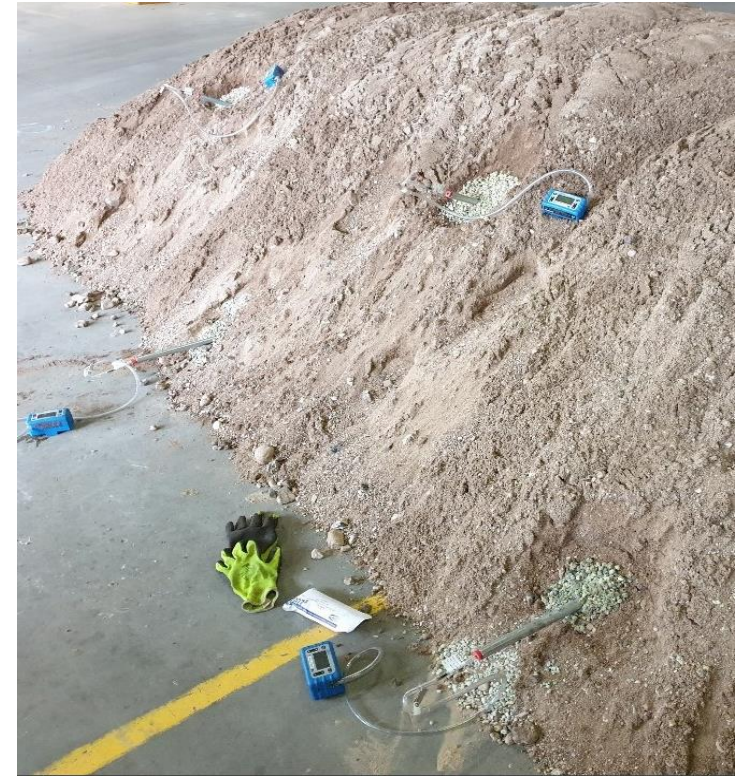
# Mekanisk beluftning – ultrakort

Jord med kraftig forurening med klorerede opløsningsmidler – primært TCE – er gravet op



Jorden er flyttet til overdækket areal og udlagt i miler  
Milerne vendes jævnligt

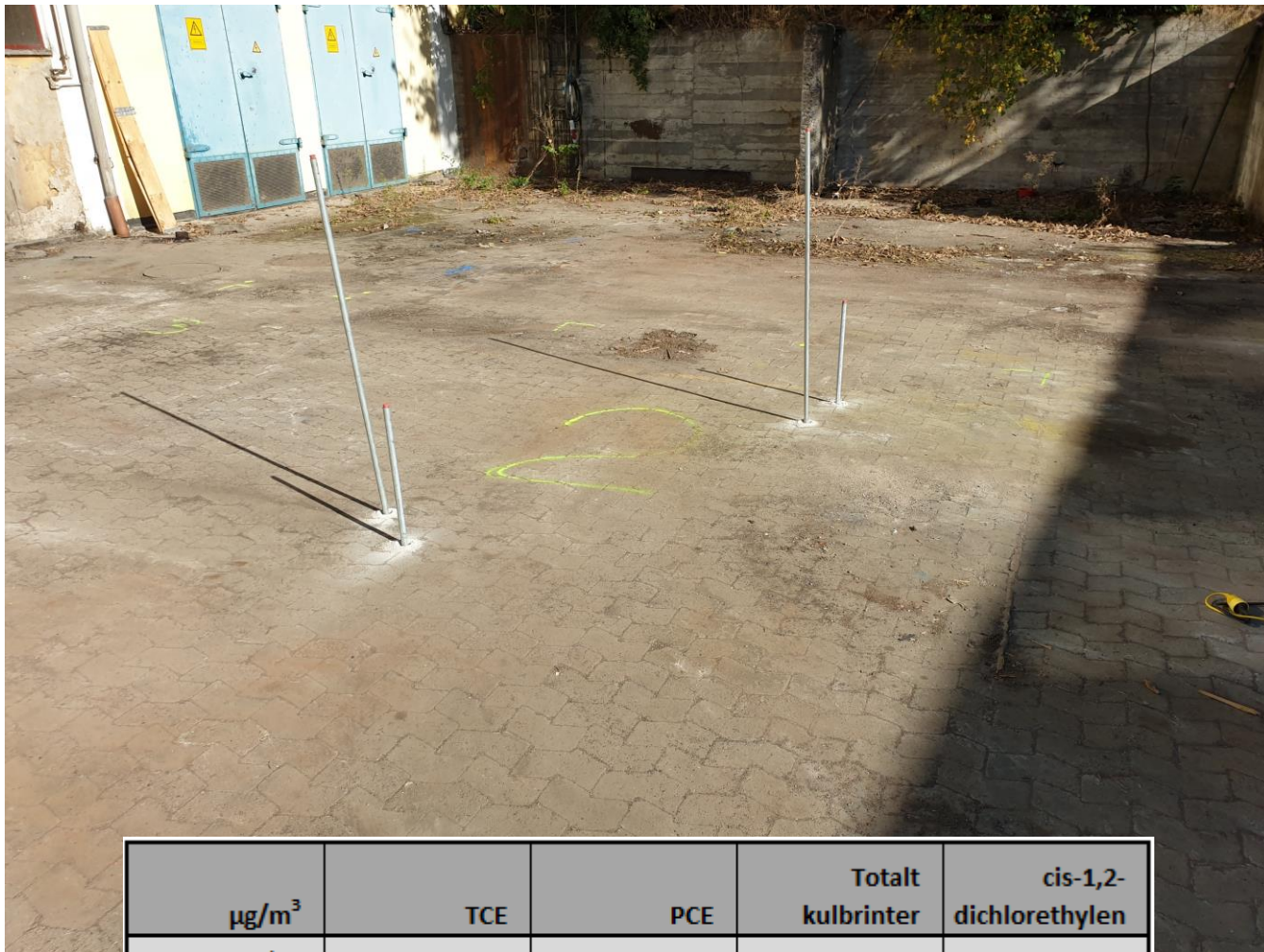
Udvikling i poreluftforurening er overvåget – før og efter vending af jordmiler



**Formål: at vurdere reduktionen i poreluftforurening i jorden over tid inden tilbagelægning**



# Baselinemåling og opgravning

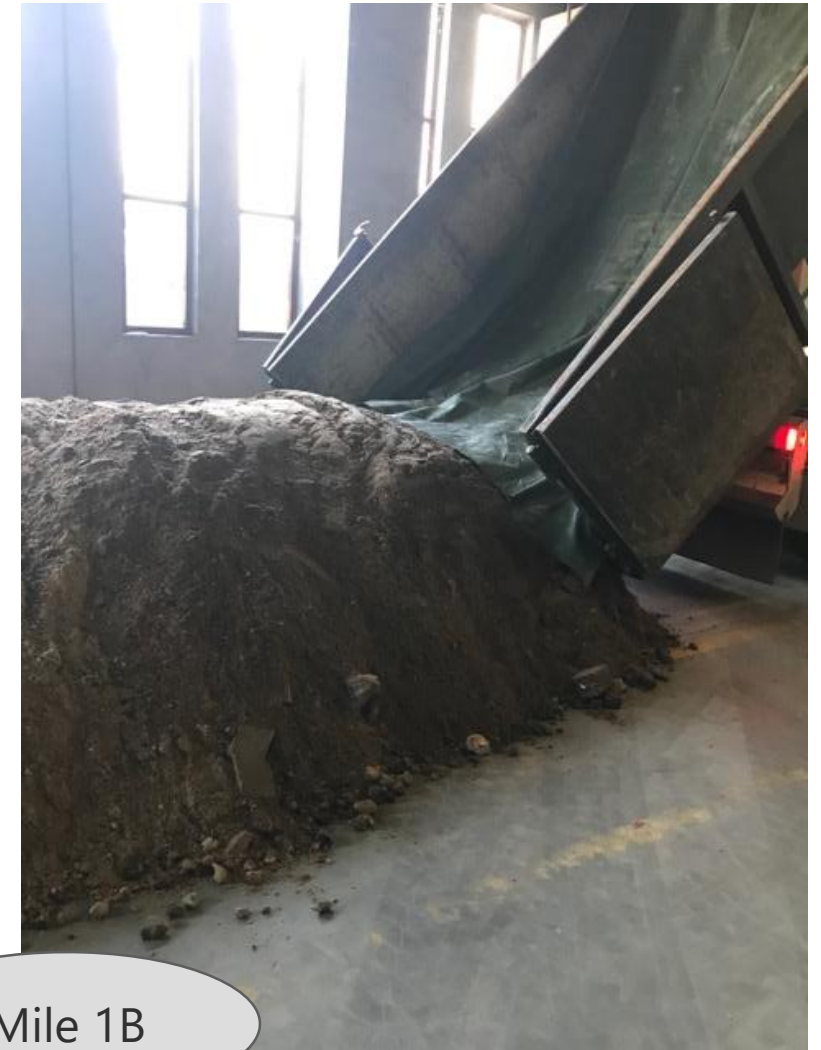
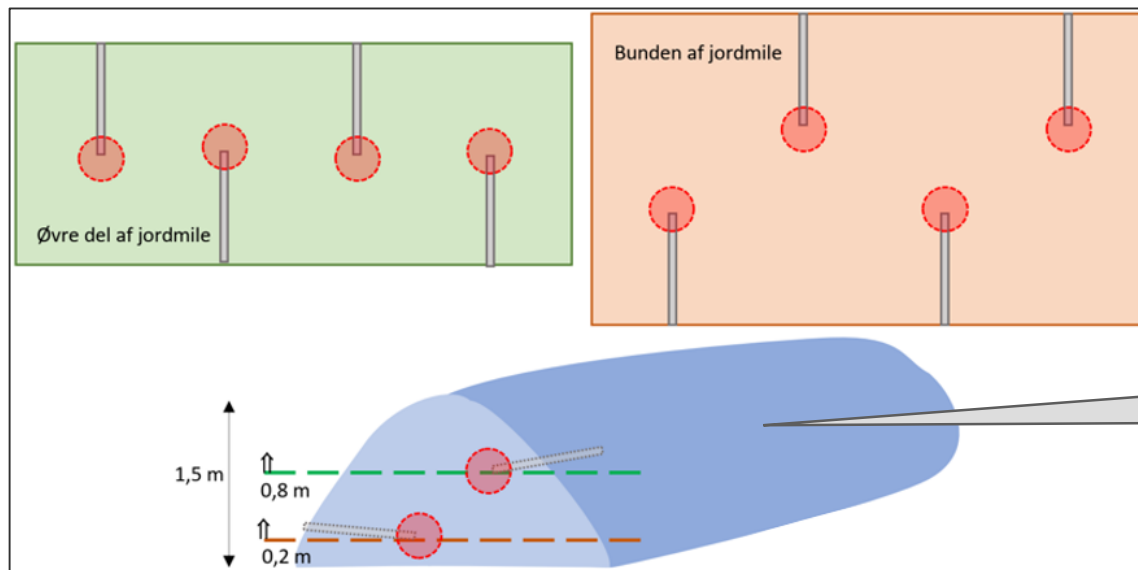


$\mu\text{g}/\text{m}^3$	TCE	PCE	Totalt kulbrinter	cis-1,2-dichlorethylen
Maks.	32.000	42	5.100	830
Min.	5.800	3	970	5

- Et område på industrigrunden er udvalgt på baggrund af tidligere målinger af kraftig forurening af poreluften med klorerede opløsningsmidler – primært TCE
- Fra to gravefelter er udtaget poreluftsprøver til baselinemålinger i dybden 0,2 m u.t. og 1,0 m u.t. og fra ét mindre felt i dybden 0,2 m u.t.
- I alt 10 poreluftsprøver
- Ved analyse på kulrør er målt fra 5.800 til 32.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  TCE.  
Middelværdi 14.130  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Under mindre fyldlag har området sandet / gruset geologi, hvilket er velegnet til forsøget
- Umættet / tørt materiale

# Udlægning i miler

- Jorden fra de tre gravefelter er oplagt i 5 jordmiler
- Bredde ca. 3,2-4,0 meter
- Højde ca. 1,5 meter
- På baggrund af tidligere poreluftsundersøgelser forventedes den kraftigste forurening i mile 1B (jord fra 1-2 m u.t.)
- I hver mile installeredes 2-3 poreluftsspyd nær midten af milens bund afhængig af milens størrelse
- I mile 1B installeredes dog 8 poreluftsspyd i to niveauer til ekstra dokumentation af rumlig variation i resultater



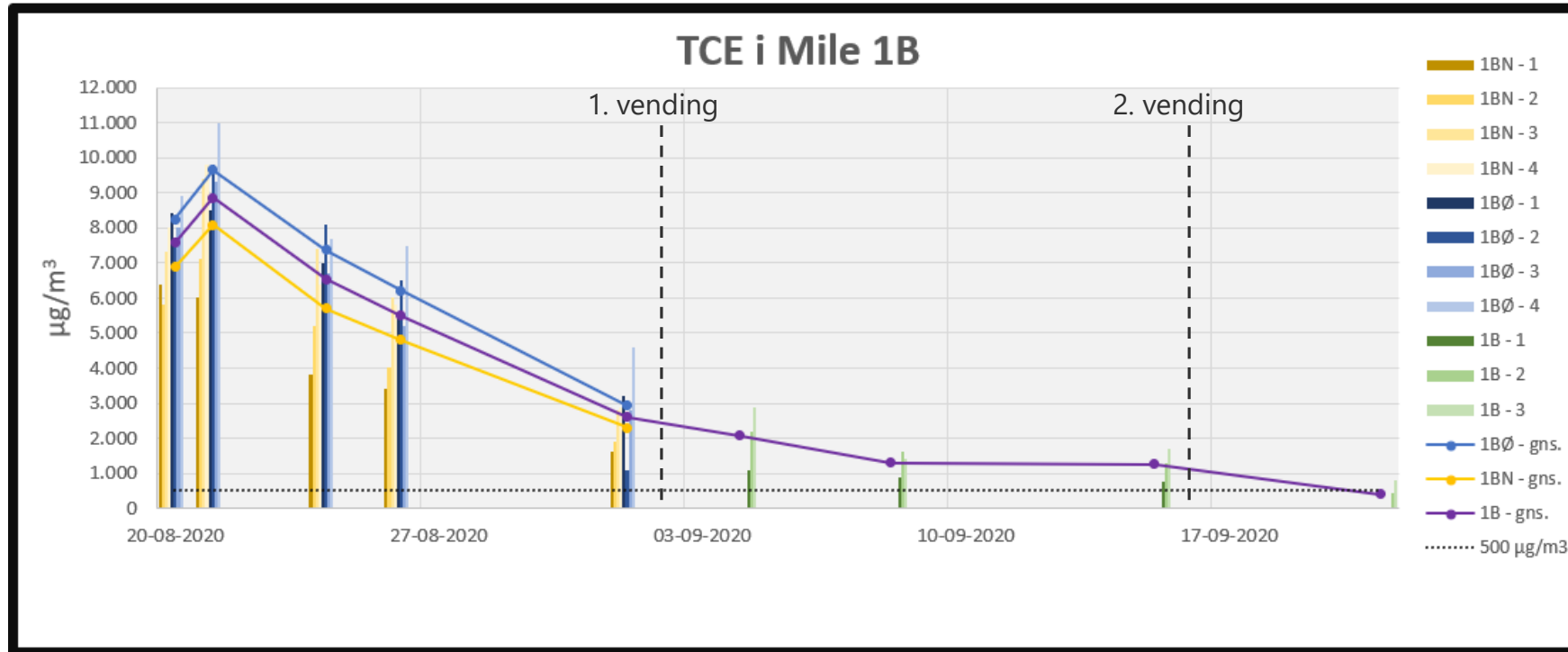
# Testprogram

- I første fase blev poreluften målt i alle jordmiler 3-5 gange
- Dernæst blev milerne vendt for ekstra beluftning
- Efter første vending blev poreluften målt 3 gange mere
- Efter anden vending blev poreluften målt 1 sidste gang
- Analyseparametre:
  - Feltparametre (ilt, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>)
  - Klorerede opløsningsmidler
  - Nedbrydningsprodukter
  - Kulbrinter
  - BTEXN og C<sub>9</sub>-C<sub>10</sub>-aromater

Udtaget	Mile 1A	Mile 1B	Mile 2A	Mile 2B	Mile 3	Baggrund
20/8		8				1
21/8	3	8	3	3	2	
24/8		8				
26/8	3	8	3	3	2	
1/9	3	8	3	3	2	1
2/9	1. vending af miler					
4/9	3	3	3	3	2	1
8/9	3	3	3	3	2	
15/9	3	3	3	3	2	1
16/9	2. vending af miler					
21/9	3	3	3	3	2	1

- Pilotforsøget blev udført sensommer / efterår 2020 (temp. 15-25 °C)
- 500 µg/m<sup>3</sup> er sat som mål, da denne koncentration vurderes at være uproblematisk ud fra en vurdering af risikoen for udvaskning af forureningsstoffer i forhold til grundvandskvalitetskriteriet

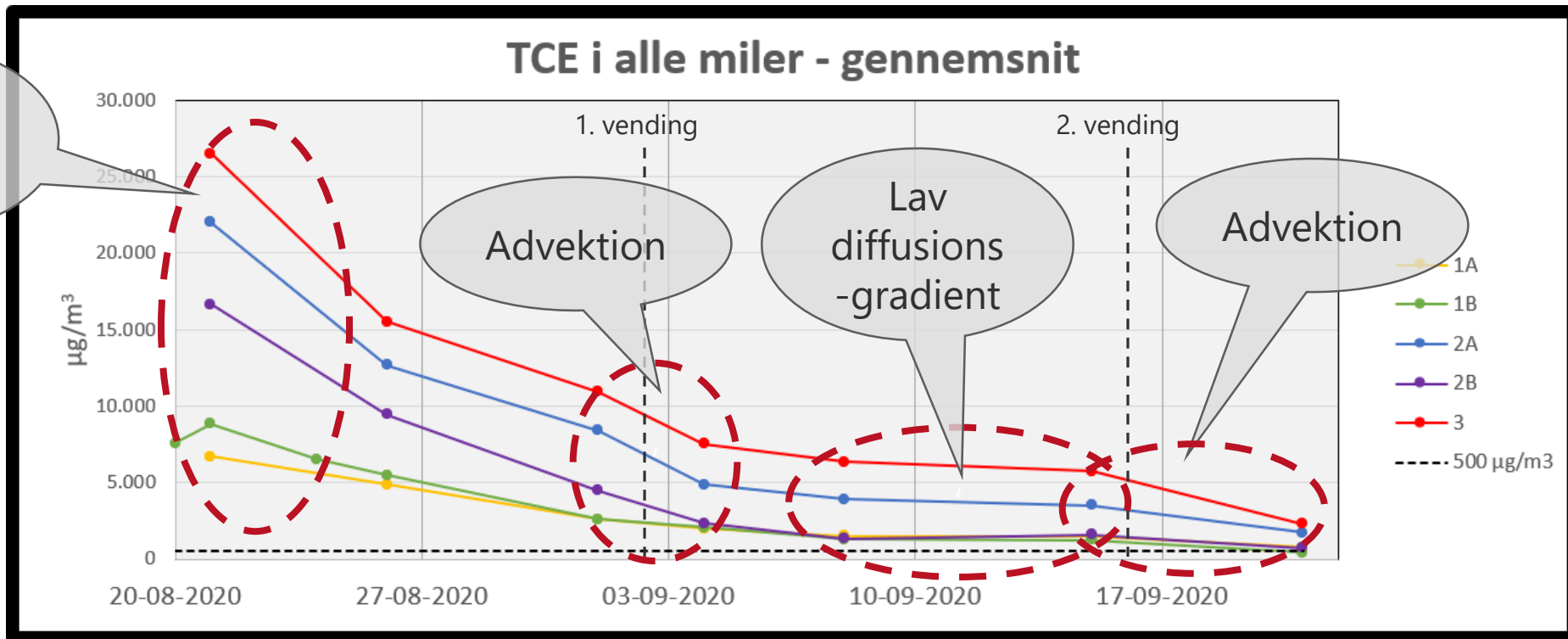
# Trichlorethylen i mile 1B



- Mile 1B blev valgt til udvidet analyseprogram frem til 1. vending pga. forventet højeste indhold af TCE (det var ikke tilfældet!)
- Udvidet analyseprogram i to niveauer (øvre og nedre del af milen) frem til 1. vending af milen
- Sammenlignelig udvikling og reduktion i de to niveauer
- Middelkoncentration af TCE falder fra  $>8.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  til  $412 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – en reduktion på 95% på 1 måned

# Hvilke effekter er i spil?

- TCE udveksles med atmosfæren ved diffusion, idet der er en højere koncentration i poreluften i milen end i den omgivende luft i hallen
- Ved vending tilføres ny energi og luften skiftes ud i milen, hvorved TCE fjernes fra milen ved advektion
- God effekt af vendinger



Høj diffusions-gradient

Advektion

Lav diffusions-gradient

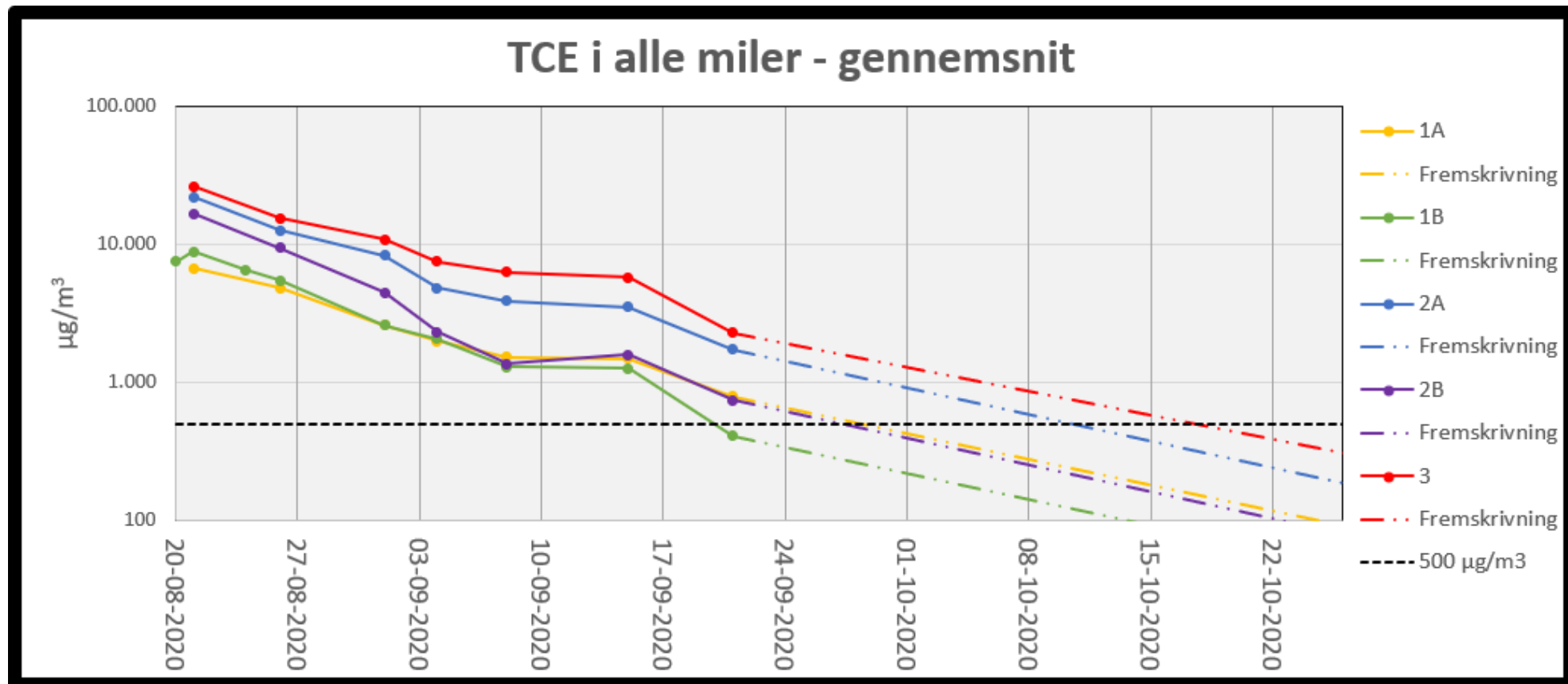
Advektion

1A  
1B  
2A  
2B  
3  
500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

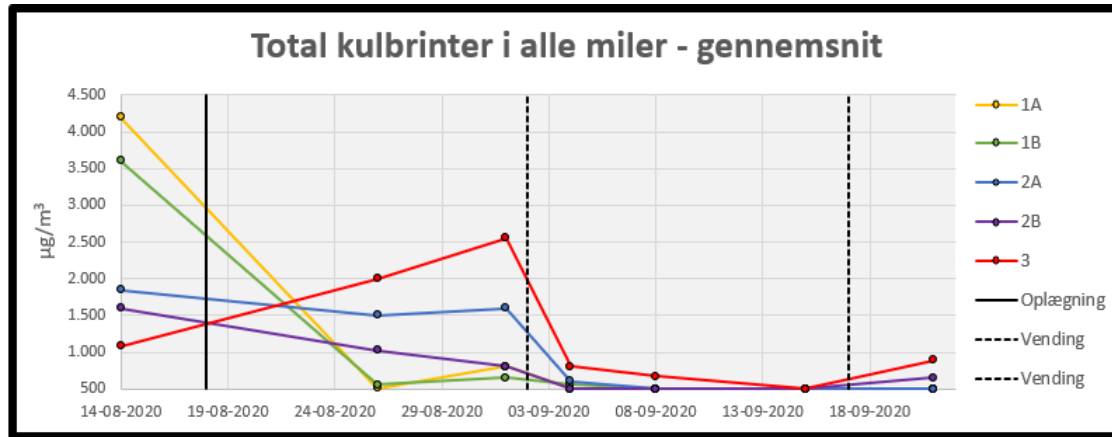


# Fremskrivning

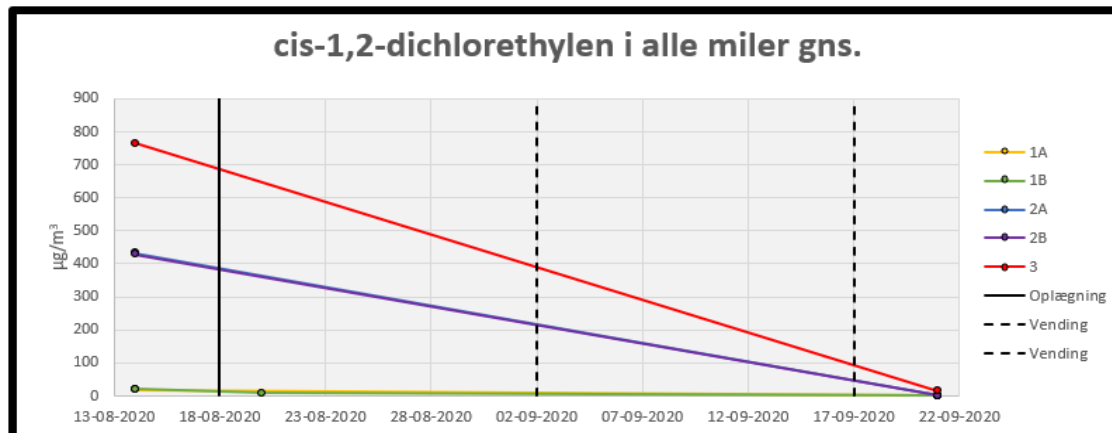
- Data viser, at TCE-indholdet aftager eksponentielt over tid
- En forsigtig fremskrivning ved plotning i enkeltlogaritmisk koordinatsystem viser, at yderligere én måneds behandling ville have bragt indholdet af TCE under  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i alle miler



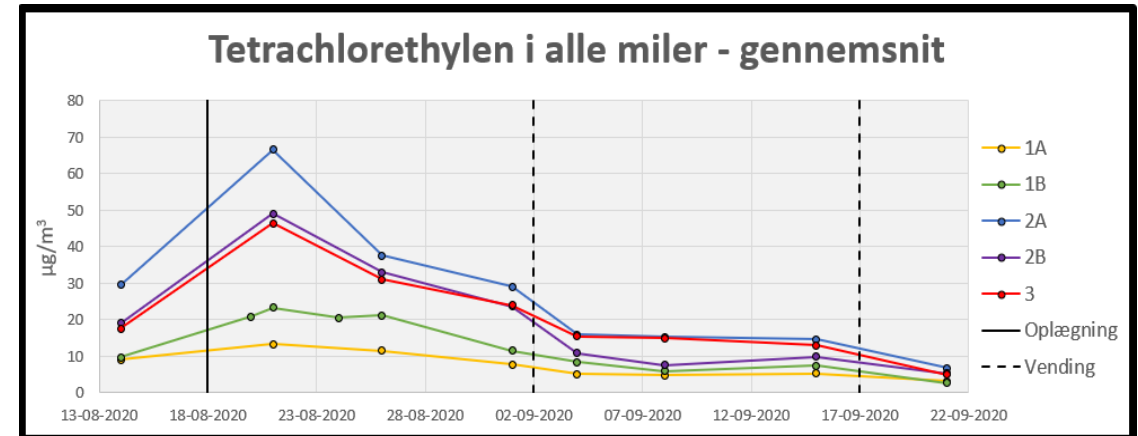
# Øvrige analyseparametre



- PCE-indhold reduceres også markant.
- God effekt af vendinger
- Bemærk relativt lave absolutte værdier



- Lidt svingende forløb, men stadigvæk tydelig reduktion af kulbrinte-indhold

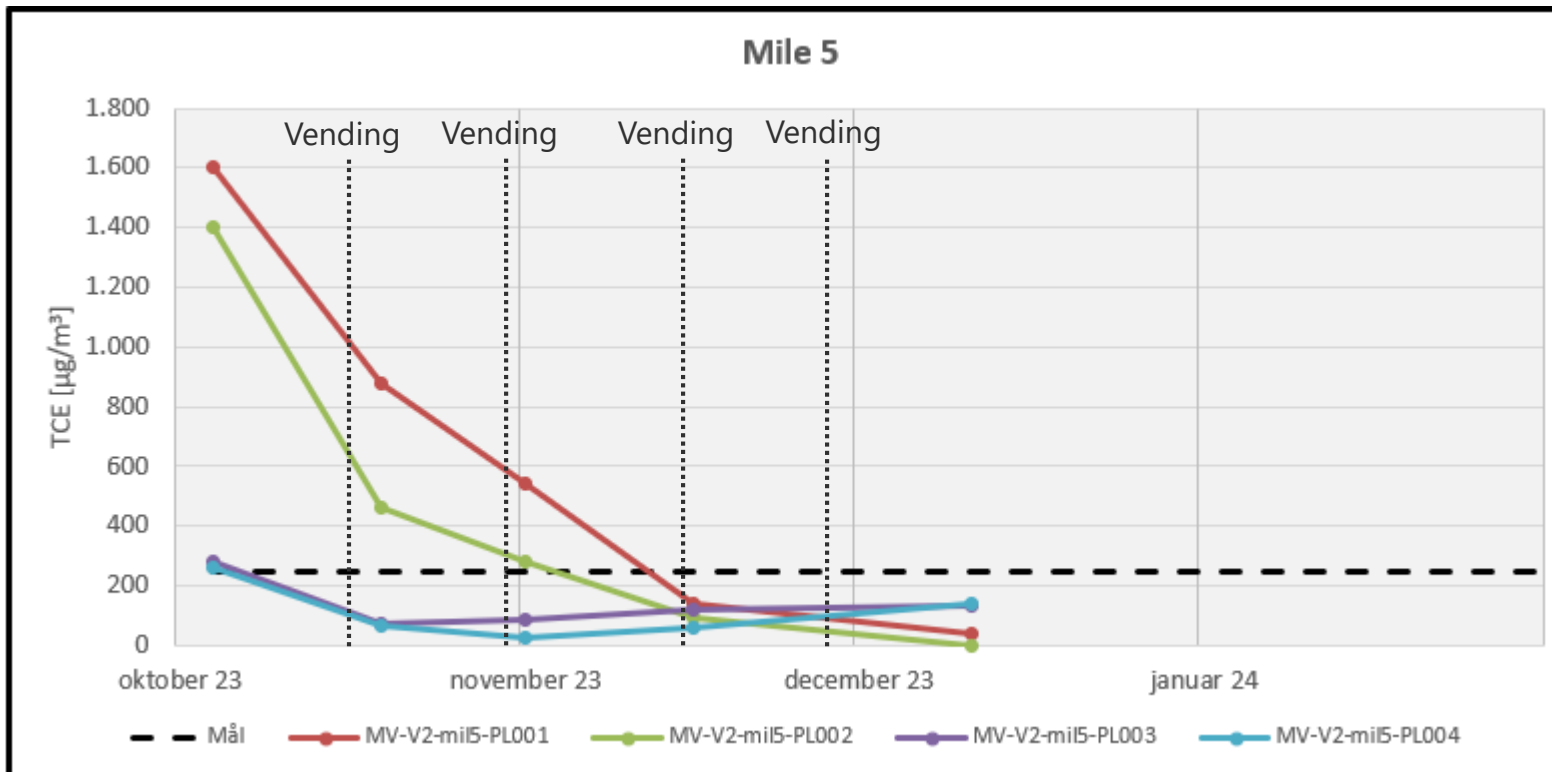


- Også god effekt på nedbrydningsprodukter
- Bemærk meget få målepunkter
- Mere flygtigt stof



# Foreløbige resultater fra fuld skala oprensning

- I efteråret 2023 er der gennemført en oprensning i større skala, hvor forurenet jord er oplagt i miler på op til 200 ton
- Der er foreløbigt opstillet et oprensningskriterie på 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (fortsat dialog med regionen om dette)
- Jordmilerne er vendt mellem alle prøvetagninger
- I nogle miler ses et signifikant fald i koncentrationsniveauet...

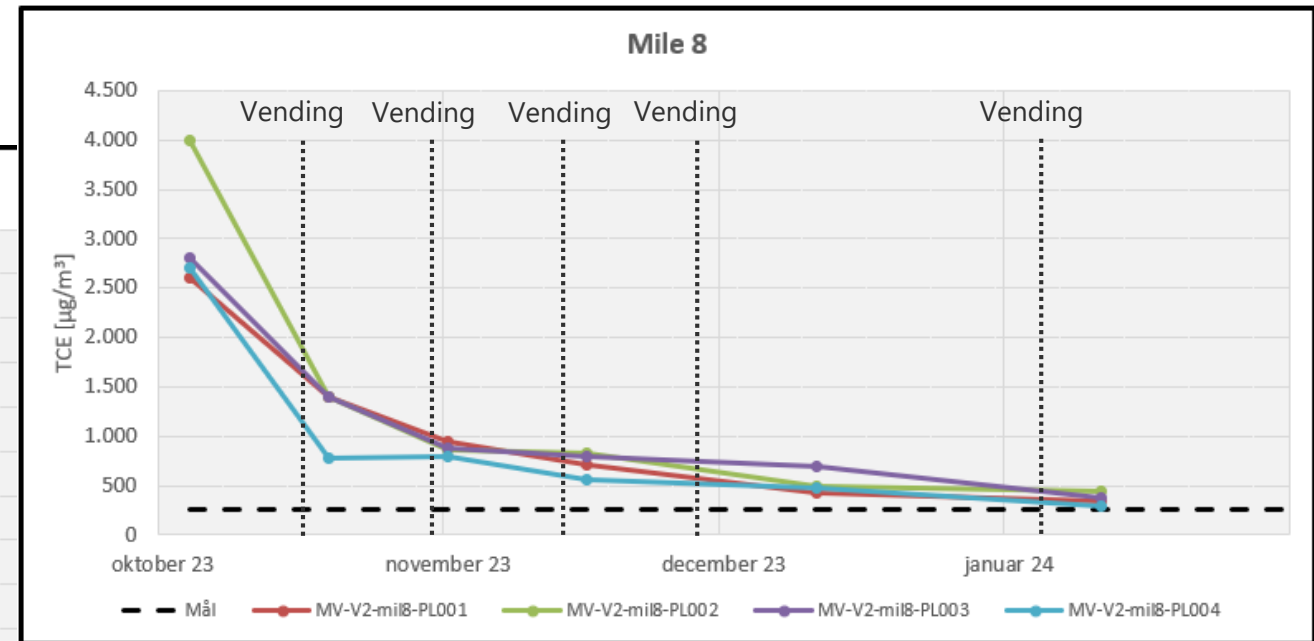
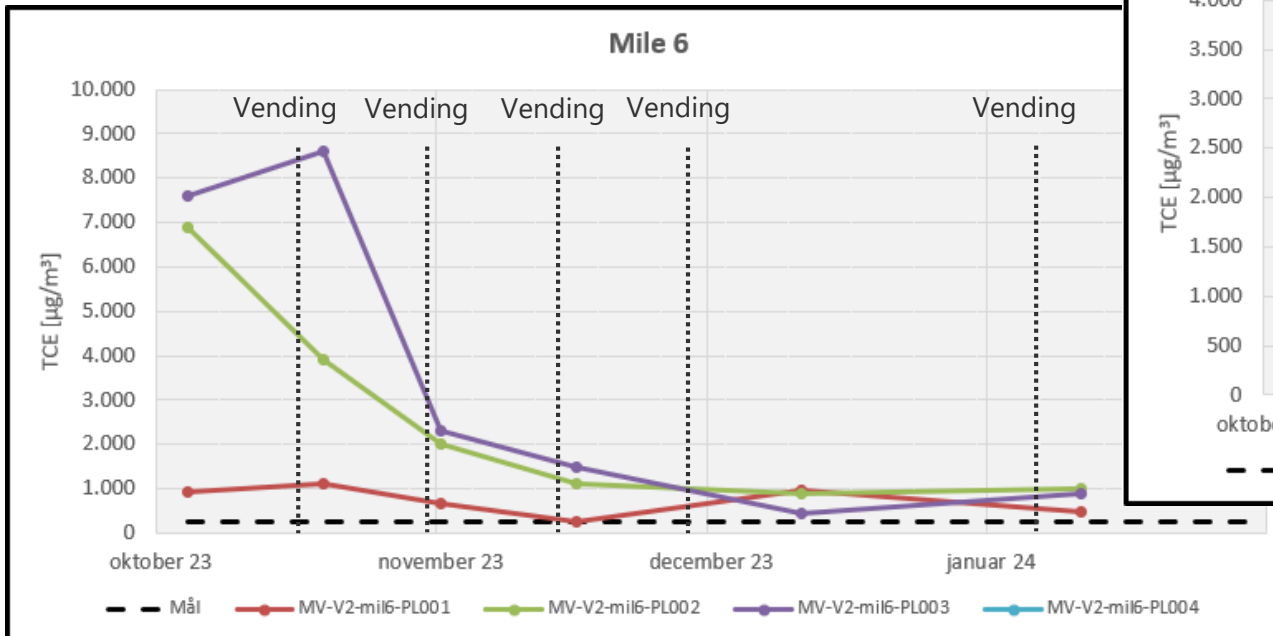


# Foreløbige resultater fra fuld skala oprensning

I andre miler ses et signifikant fald i koncentrationsniveauet i de første måneder, hvorefter koncentrationerne stabiliseres på et niveau et stykke over oprensningskriterierne... Milerne afventer pt.

Forskelle i mellem pilot og fuld skala, hvilket kan påvirke afdampningshastighed:

- Årstid → lavere temp. og højere fugtighed i luft og jord (lav Henrys konstant for TCE v. lav temp.)
- Knap så sandet geologi → ringere diffusion
- Større miler → større diffusionsafstand





# Opsummering

## Pilotforsøg:

- Ved oplægning af jord i miler viste pilotforsøget lovende resultater for reduktion af bl.a. indhold af TCE i poreluften
- Den største reduktion ses ifm. vending af jordmilerne
- Koncentrationen af TCE faldt 88 – 96% på én måned med to vendinger af jorden undervejs
- Også for andre stoffer sås markante reduktioner
- Ingen problemer ift. arbejdsmiljø, da baggrundsmålinger viste meget lavt eller intet målbart indhold TCE i luften i hallen

## Fuld skala oprensning:

- I fuldskala oprensningen ses indledningsvis den samme tendens for nogle miler, hvor oprensningskriteriet hurtigt opnås.
- I andre miler stabiliseres indholdet efter få måneder på et niveau et stykke over oprensningskriteriet
- Forskelle i mellem pilotforsøg og fuld skala oprensning:
  - Årstid → lavere temp. og højere fugtighed
  - Forskel i jordtype – mindre sandet geologi ved fuldskala oprensning
  - Større miler, men i hal med åbne sider



# Perspektivering

## Fordele:

- Udvaskning fra jorden reduceres markant
- Mindre miljøbelastning i forhold til bortkørsel af jord
- Mindre ressourceforbrug i forhold til opfyldning med nye materialer
- Overslag på økonomi efter forklassificering: ca. 1/3 pris pr. ton sammenlignet med bortkørsel og deponering

## Udfordringer:

- Opmærksomhed på jordtype (forsøg udført på sandet jord)
- Opmærksomhed på sæson (temperatur og relativ fugtighed)  
Evt. indblæsning af varm luft, når kurven flader ud
- Kræver plads, overdækning og tid
- Omkostninger til dokumentation af effekt inden tilbagelægning

**Tak for jeres opmærksomhed**

