# Vakuum UV

## Nedbrydning af chlorerede opløsningsmidler i luft

# Agenda

Projektintroduktion  og projektsite

Hvad er Vakuum-UV teknologi?

Ultraaqua testtrailer

Forsøgsdesign  og resultater

Konklusion

Perspektivering

Spørgsmål og input

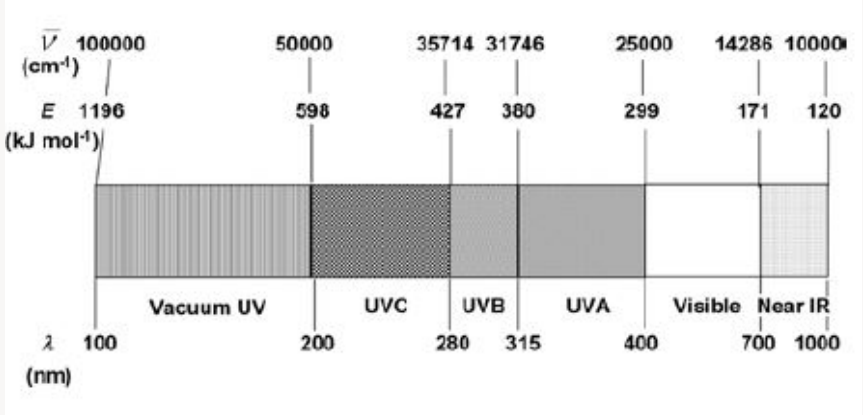
# Projektintroduktion

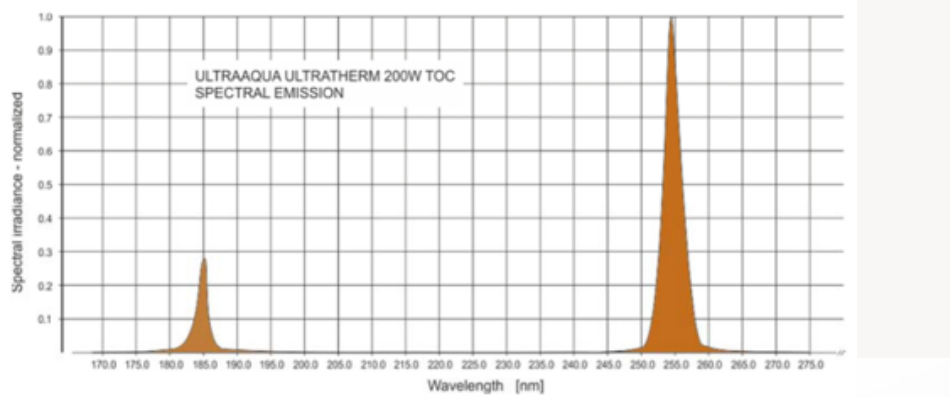
- Formål:
  - Er det muligt at nedbryde/fjerne chlorerede opløsningsmidler i luft med Vakuum-UV-teknologi?
  - Proof-of-concept studie
  - Litteraturscreening
- Projektpartnere:
  - Region Midtjylland
  - Ultraaqua
  - Sweco

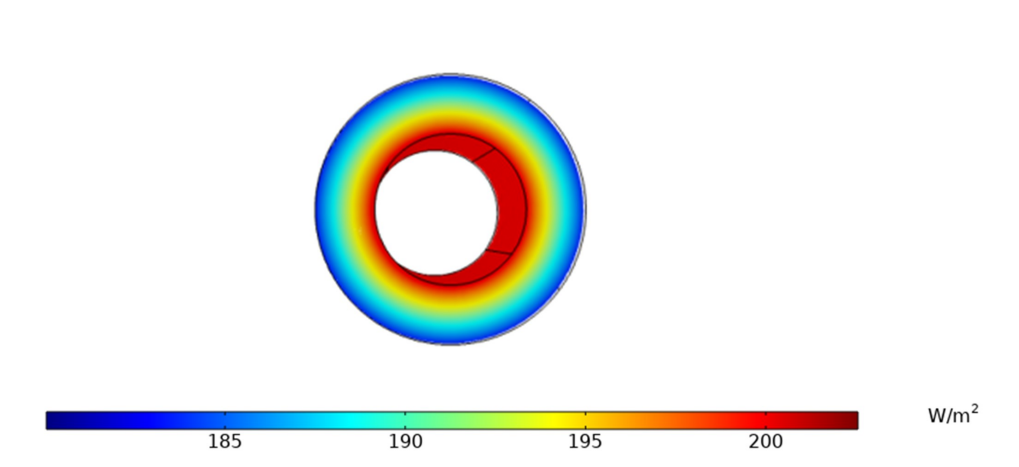
# Projektsite

- I forbindelse med Region Midtjylland testhus
- Realistiske forhold
- 2018 Afværgeanlæg - Sug på kloak:
  - Separat pumpeskab
  - Sugeledningen mellem en kloakbrønd og pumpeskab
  - Vakuumpumpe
  - Kulfilter
  - Afkast over tagryg

# Hvad er Vakuum-UV teknologi?

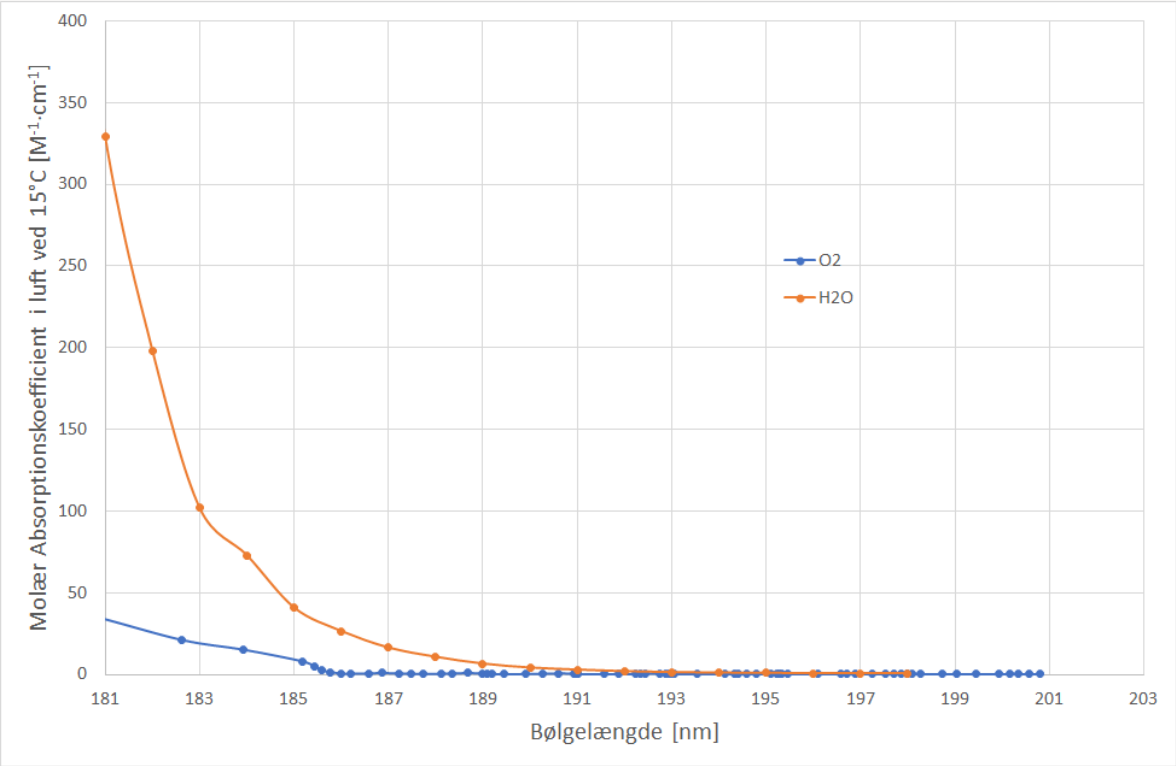


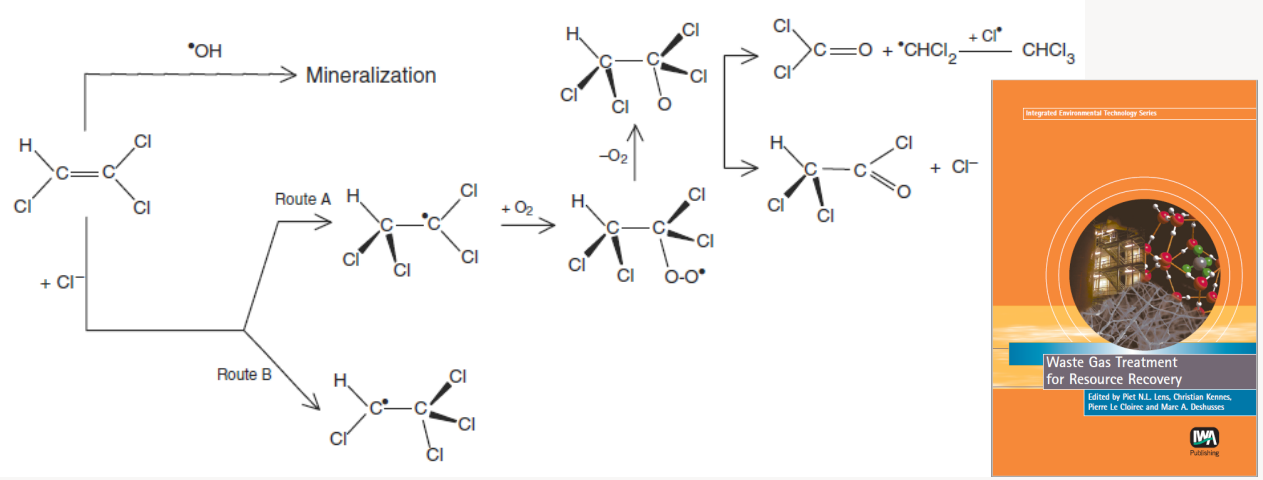

Elektromagnetisk spektrum, emissionsspektrum for Ultraaqua Vakuum-UV lamper

# Hvad er Vakuum-UV teknologi?



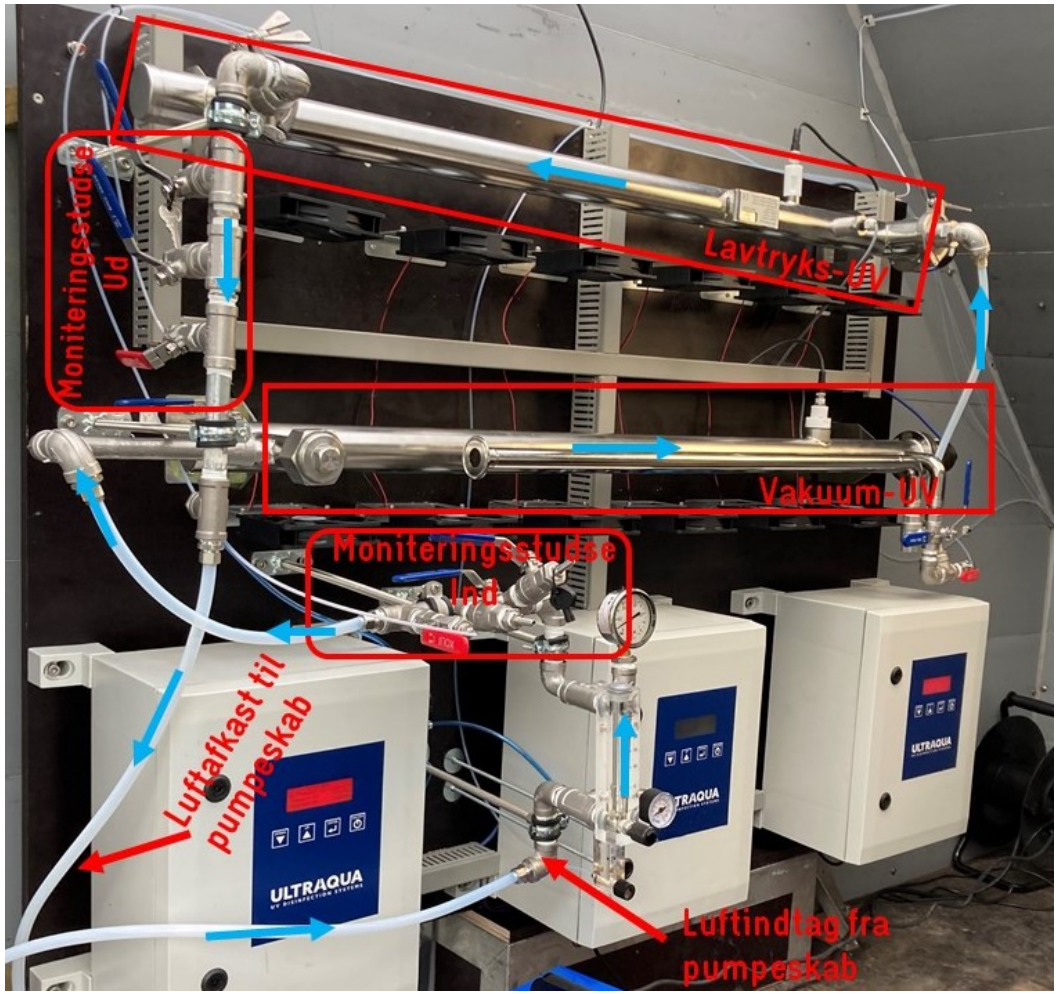

- $H_2O + h_{185nm} \rightarrow OH^{\square} + H^{\square}$
- $O_2 + h_{185nm} \rightarrow O(^1D) + O(^3P)$
- $O(^1D) + O_2 \rightarrow O(^3P) + O_2$
- $O(^3P) + O_2 \rightarrow O_3$
- $O(^1D) + H_2O \rightarrow 2OH^{\square}$

| Stof | $k_{OH}$ [$M^{-1}s^{-1}$] |
|---|---|
| PCE | $1{,}29 \times 10^8$ |
| TCE | $4{,}9 \times 10^8$ |
| Vinylklorid | $3.3 \times 10^9$ |




Molær absorptionskoefficient for ilt og vanddamp i luft, initierende radikalreaktioner ved Vakuum-UV bestråling af luft, elementære ratekonstanter for PCE, TCE og VC reaktion med OH-radikal samt foreslået nedbrydningsvej for TCE

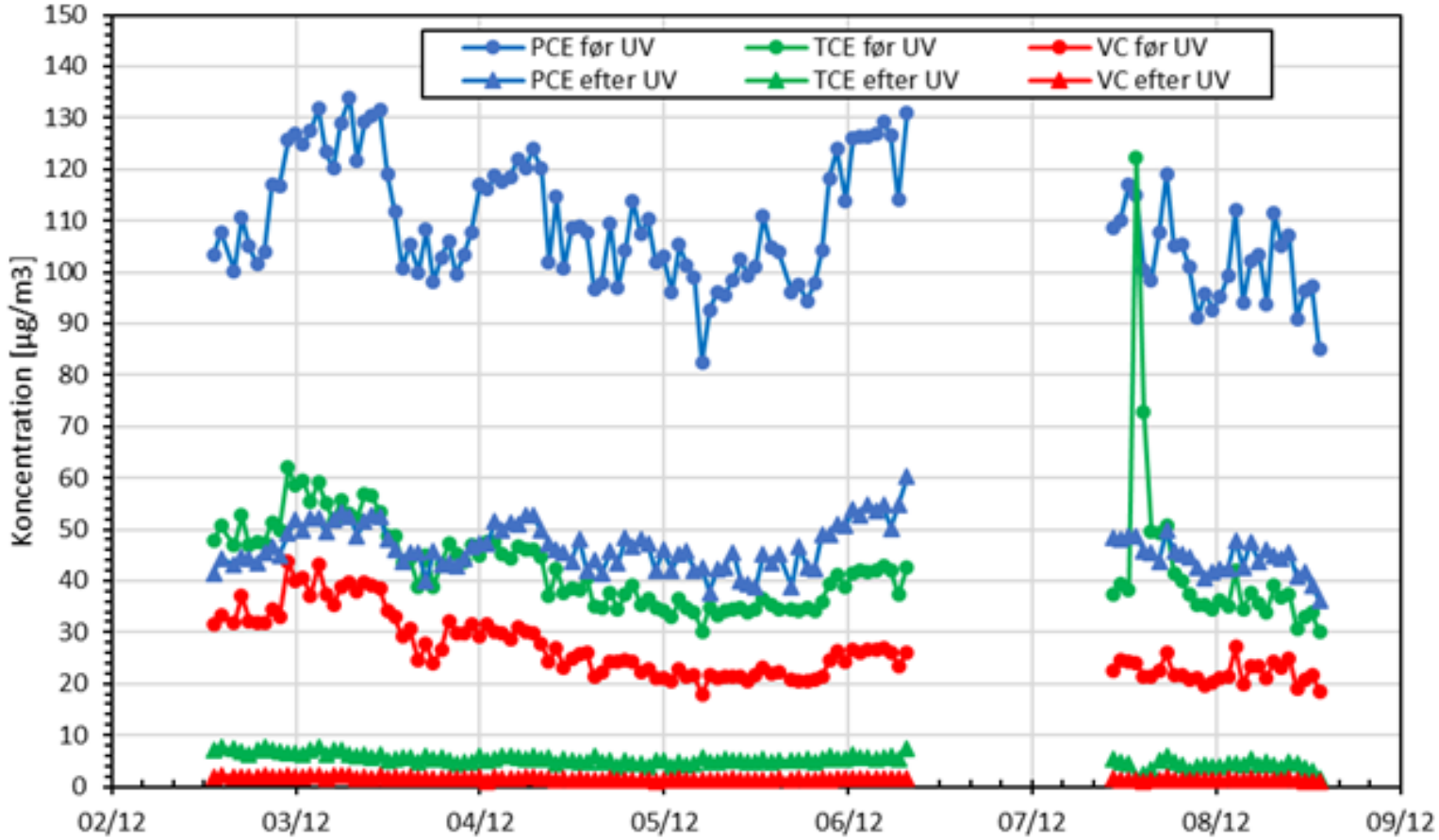
# Ultraaqua testtrailer



# Forsøgsdesign

- Testperiode: 2.-22. december 2021
- Konstant luftflow 5 m³/h
- Konstant drift af UV-Lamper
- Online monitering af PCE, TCE og VC med MIMS 2.-9. december
- Diskrete målinger med kulrør 7.-22. december
- Kulrørsmålinger omfattede:
  - PCE, TCE, VC, cis-1,2-dichlorethylen, trans-1,2-dichlorehtylen, tetrachlormethan, chloroform, 1,1,1-trichlorethan, 1,1-dichlorethan, 1,2 dichlorethan

# Resultater - MIMS

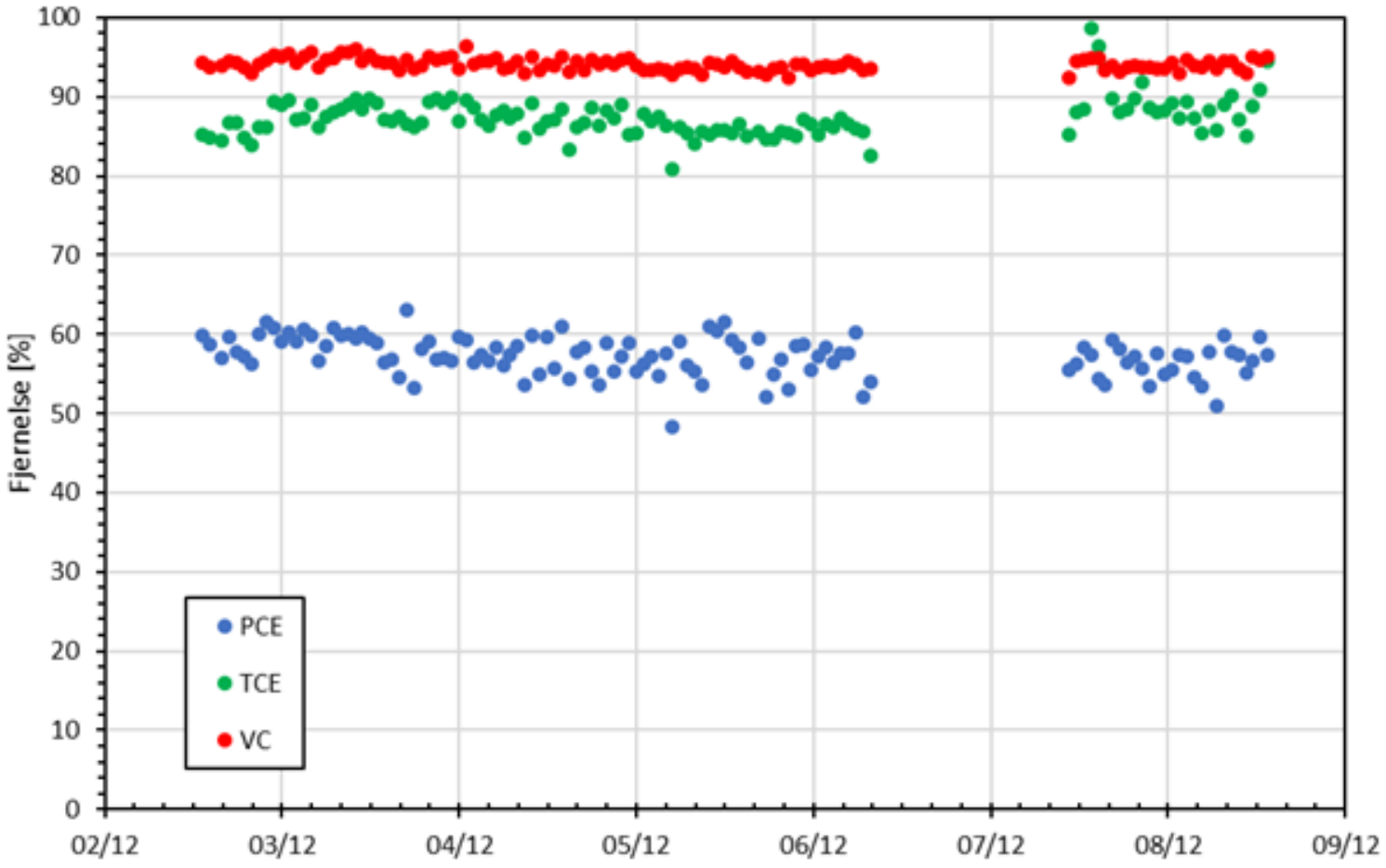



- Online måling med MIMS omkring Vakuum-UV/UV reaktorerne. Skiftevis måler før UV, efter UV og udeluften
- Forholdsvis stabil koncentration af PCE, TCE og VC i kloakluften med største variationer på ±30% omkring middelkoncentrationen
- Middelkoncentrationer for de tre stoffer

| | Før UV | Efter UV |
|---|---|---|
| PCE - [µg/m³] | 109 | 46 |
| TCE - [µg/m³] | 43 | 5 |
| VC - [µg/m³] | 27 | 2 |

- [illegible] PCE, TCE og VC ved passage af Vakuum-UV/UV reaktorerne

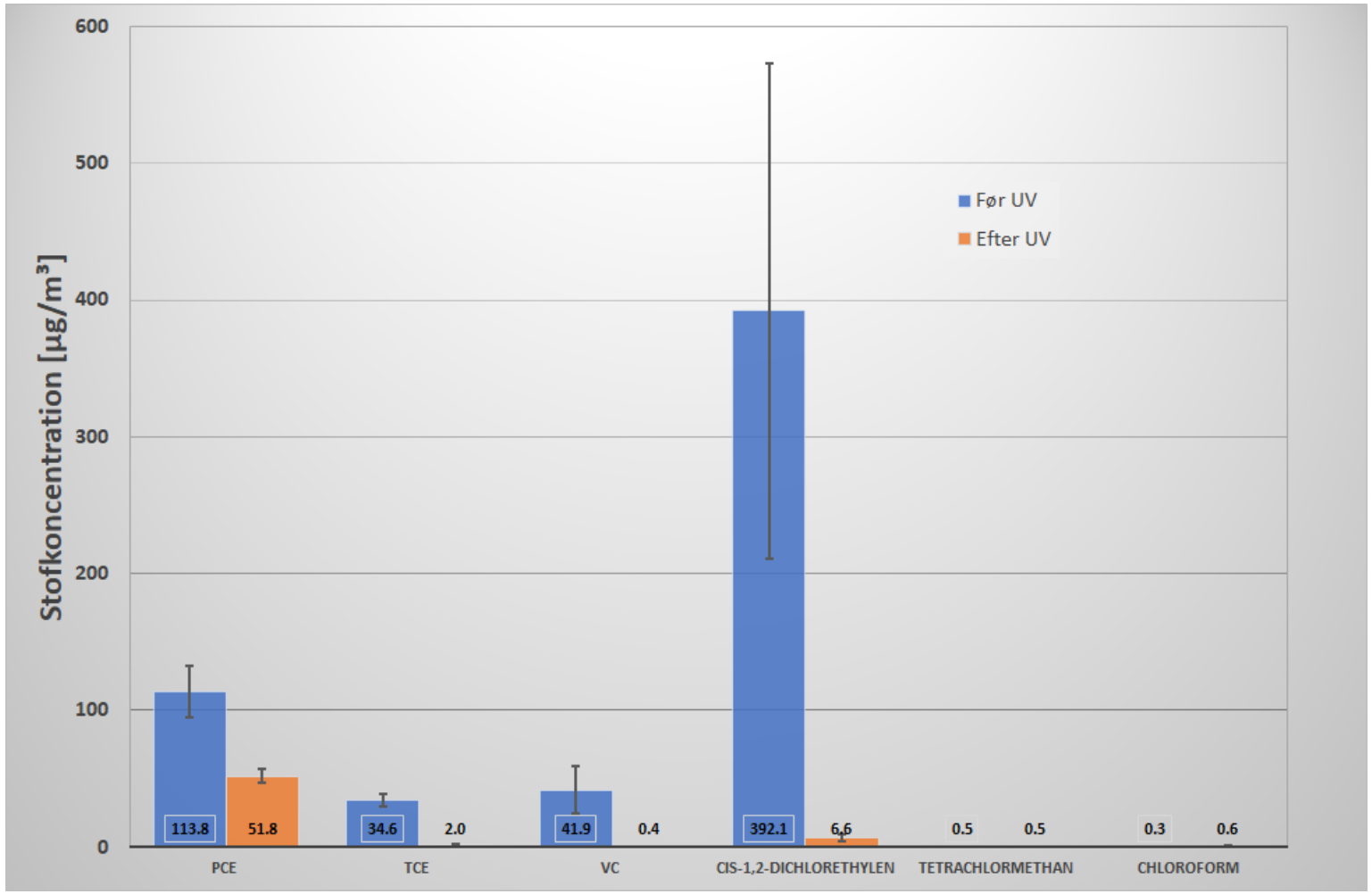
# Resultater - MIMS




- Stabil relativ reduktion i koncentrationen af PCE, TCE og VC som følge af Vakuum-UV behandlingen uafhængigt af variationerne i indløbskoncentrationerne
- Middelreduktioner på basis af MIMS data
  - PCE: 57%
  - TCE: 87%
  - VC: 94%

- Nedbrydningsprodukter fra UV reaktor
  - Fra litteraturscreening - Fosgen, dikloroacetyl klorid, klorgas og kloroform
  - Ved MIMS - Fosgen og dichloroacetyl chlorid eftersøgt ikke fundet hverken før eller efter UV-reaktoren

# Resultater - Kulrør

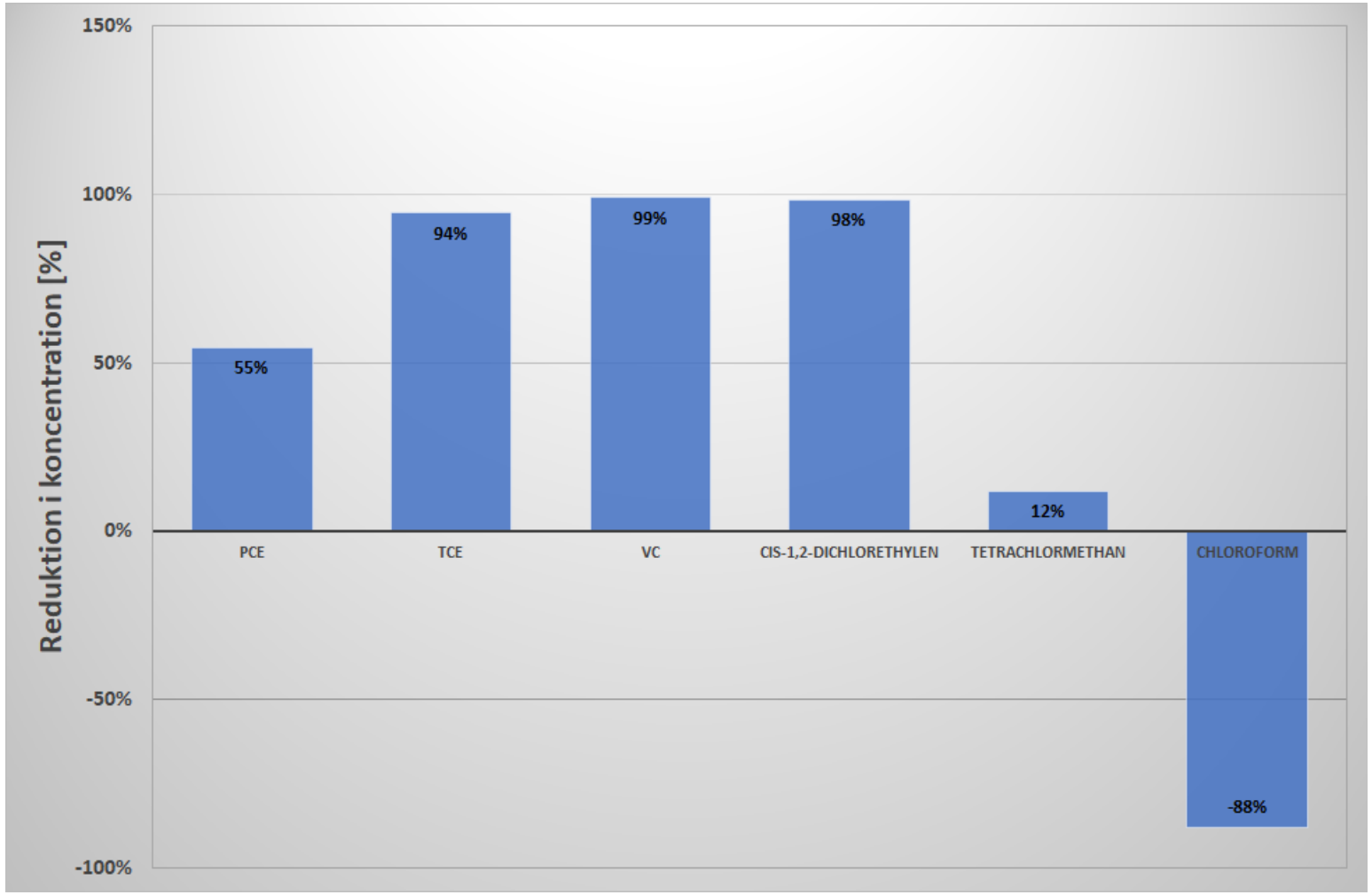



- 8 sætvise kulrørsprøver i tilløb og afløb af Vakuum-UV/UV reaktorerne
- 1,1,1-trichlorethan, 1,1-dichlorethan, 1,2-dichlorethan, trans-1,2-dichlorehtylen - under detektionsgrænsen
- Middelkoncentrationer

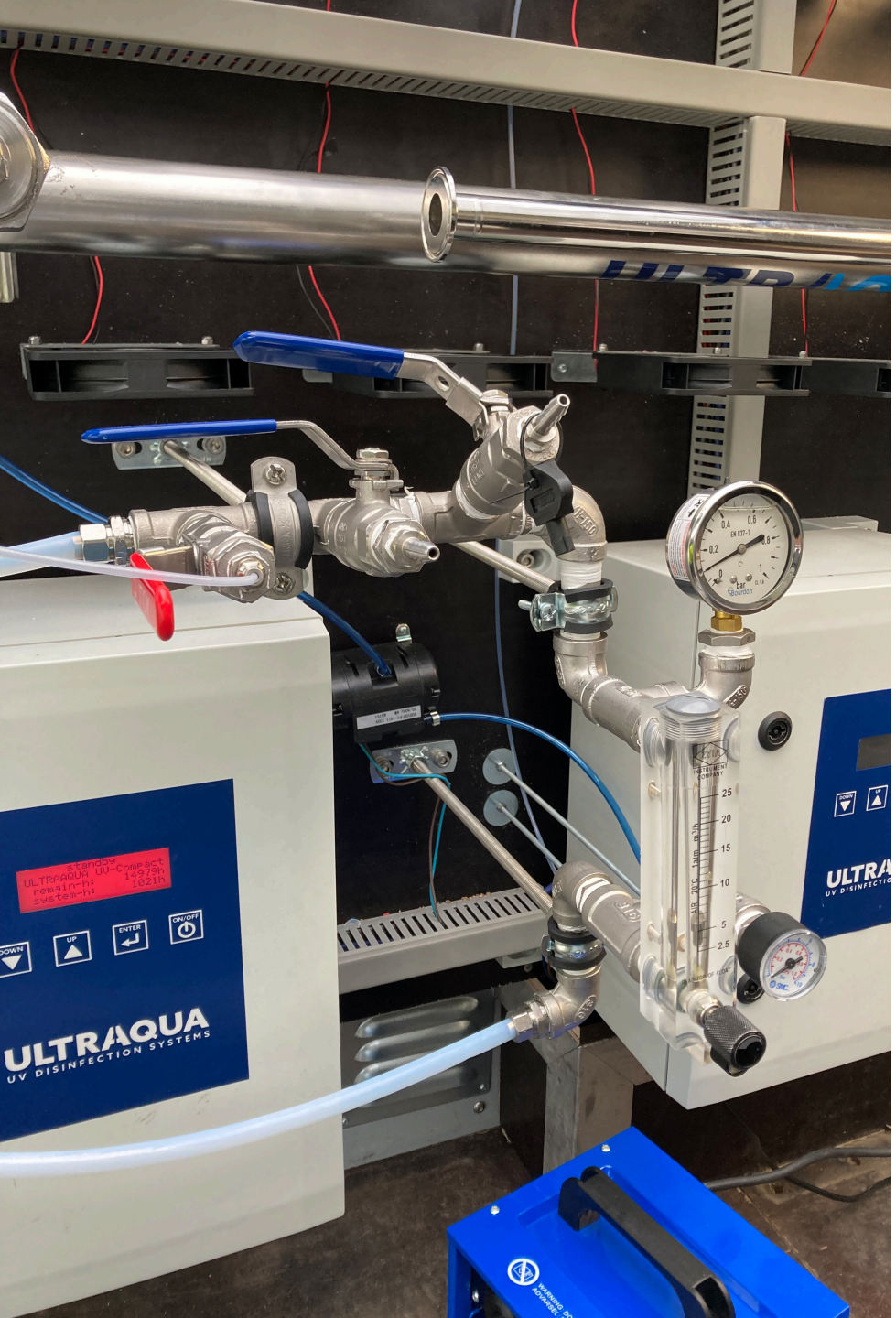
| | Før UV | Efter UV |
|---|---|---|
| PCE - [µg/m³] | 114 | 52 |
| TCE - [µg/m³] | 35 | 2,0 |
| VC - [µg/m³] | 42 | 0,42 |
| Cis-1,2-dichlorethylen - [µg/m³] | 392 | 6,6 |
| Tetrachlormethan - [µg/m³] | 0,54 | 0,47 |
| Chloroform - [µg/m³] | 0,34 | 0,64 |
| Hvis under det. grænse er det. grænse benyttet | | |

- Tydelig reduktion i koncentrationen af PCE, TCE, VC og Cis-1,2-DCE ved passage af Vakuum-UV/UV reaktorerne

# Resultater - Kulrør




- Middelreduktioner på basis af kulrørsdata:
  - PCE: 55%
  - TCE: 94%
  - VC: 99%
  - Cis-1,2-dichlorethylen: 98%
  - Tetrachlormethan: 12%
  - Chloroform: -88%
- Chloroform - Potentielt nedbrydningsprodukt fra TCE hvilket muligvis kan forklare den gennemsnitlige stigning i koncentration ved Vakuum-UV/UV behandlingen




# Konklusioner

- Proof-of-concept studie af ny teknologi

  Vakuum-UV/UV-teknologi **kan** nedbryde chlorerede opløsningsmidler i luft

  - TCE, VC og cis-1,2-dichlorehtylen med reduktion på over 94%
  - PCE med 56% reduktion

- Teknologien har vist en stor stabilitet og konstant relativ fjernelse

- Mulige nedbrydningsprodukter ikke observeret under forsøg (Fosgen og dichloroacetyl chlorid)

# Perspektivering

## Ny teknologi
## Hvordan kan vi bruge den?

- Potentiale for substitution af kulfiltre

  Fjernelse af VC i luft kan være et problem med kulfiltre (lav tilbageholdelse), UV reaktorer kan give en bedre reduktion
- UV til afværgeløsninger ex. indeklimasikring
- Hvad med andre stofgrupper?
- I industrien hvor der er behov for rensning for flygtige stoffer

# Perspektivering

## Afklaring

- Hvad med nedbrydningsprodukter?
- Variationer i luftsammensætning - tilstedeværelse af vand?
- Optimering af UV-reaktor
- Bæredygtighed mod andre metoder

# Tak til Region Midtjylland

# Tid til spørgsmål og input