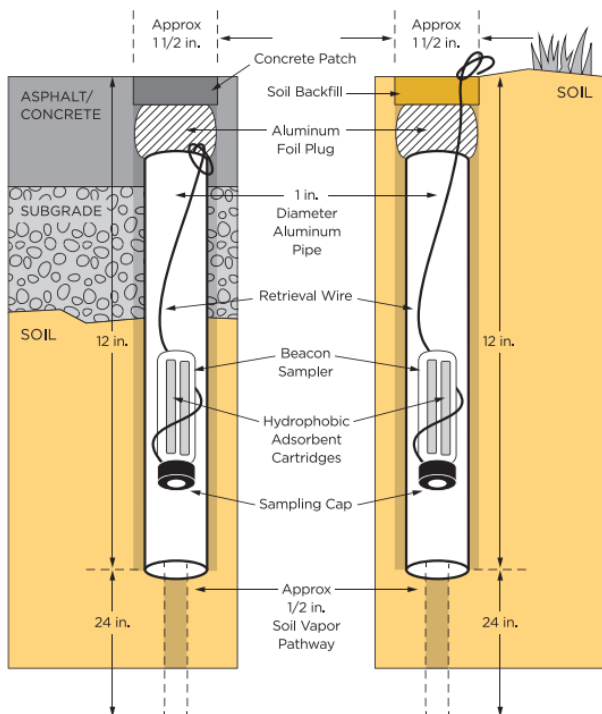


Kildeopsporing og erfaring med PSG Beacon-samlere til passiv opsamling af poreluft



KILDEOPSPORING OG ERFARING MED PSG BEACON-SAMPLERE TIL PASSIV OPSAMLING AF PORELUFT

I projekterne har der været følgende deltagere:

Region Midtjylland

Karin B. Nielsen, Winnie Hyldegaard og
Christina Voss Ernstsén

DMR

Susanne Boje Mogensen og Per Loll

Region Syddanmark

Klaus Bundgaard Mortensen, Anne Marie
Schondelmaier & Anne Tipsmark Ottosen

WSP

Anette Andersen

NIRAS

Anna De Vos & Charlotte Hessellund Jensen



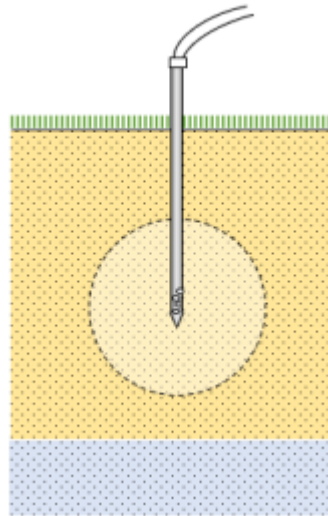
Poreluftmålinger (aktive)

Kildeopsporing

Afgrænsning

Risikovurdering

Poreluftmålinger (aktive)

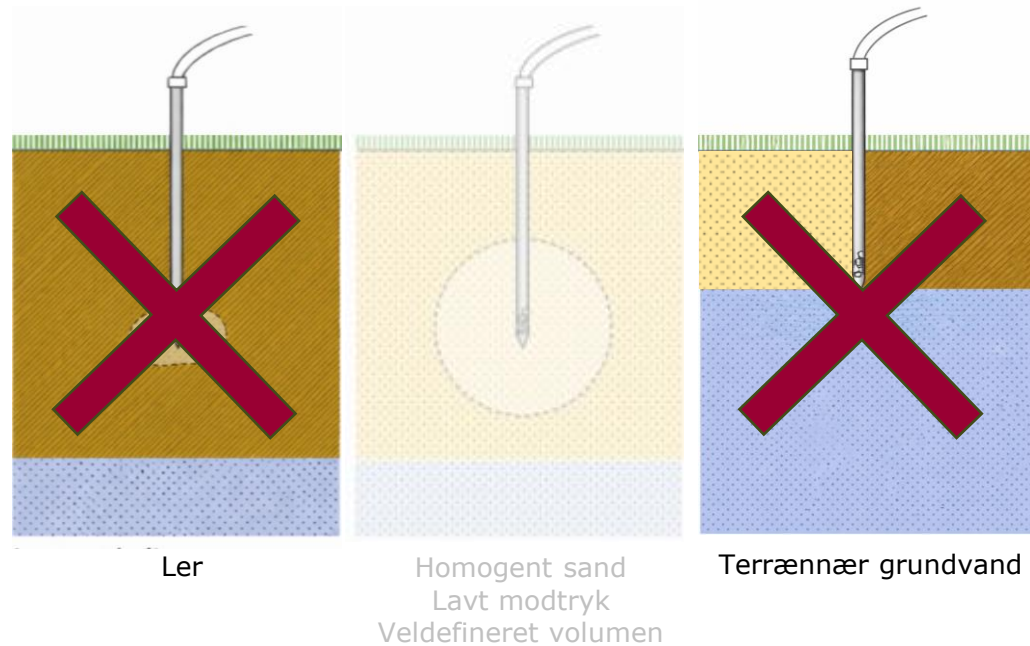


Homogent sand
Lavt modtryk
Veldefineret volumen

*Modificeret figur fra:
Retningslinjer for udtagning
af luftprøver ved
forureningsundersøgelser (VMR)*

Poreluftmålinger (aktive)

Udfordringer og begrænsninger

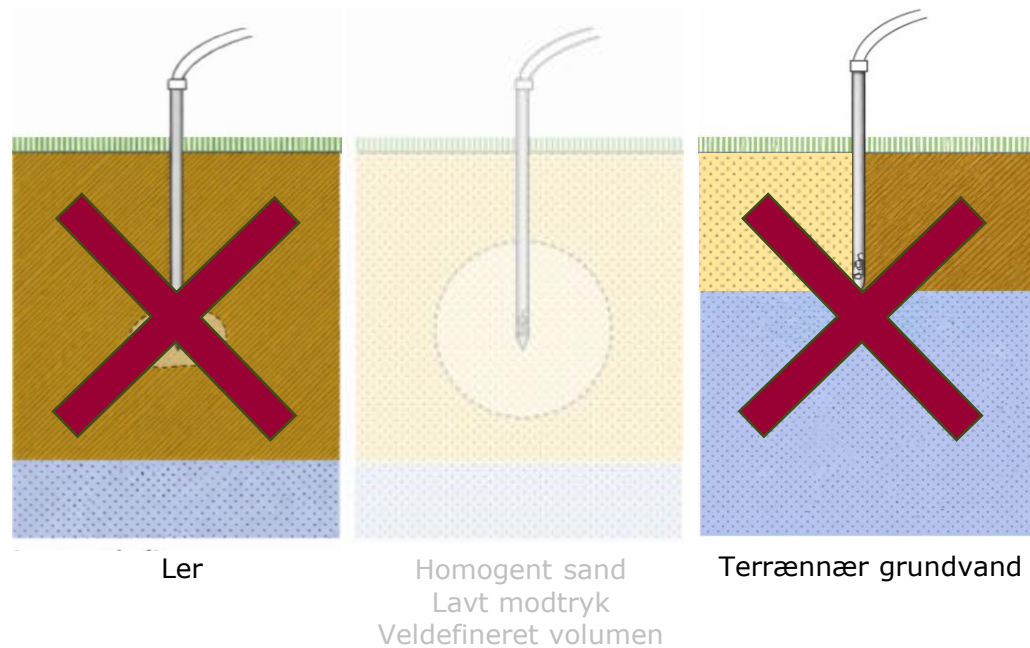


*Modificeret figur fra:
Retningslinjer for udtagning
af luftprøver ved
forureningsundersøgelser (VMR)*

Vinylchlorid i terrænnært grundvand, men ikke i poreluften?

Poreluftmålinger ~~(aktive)~~

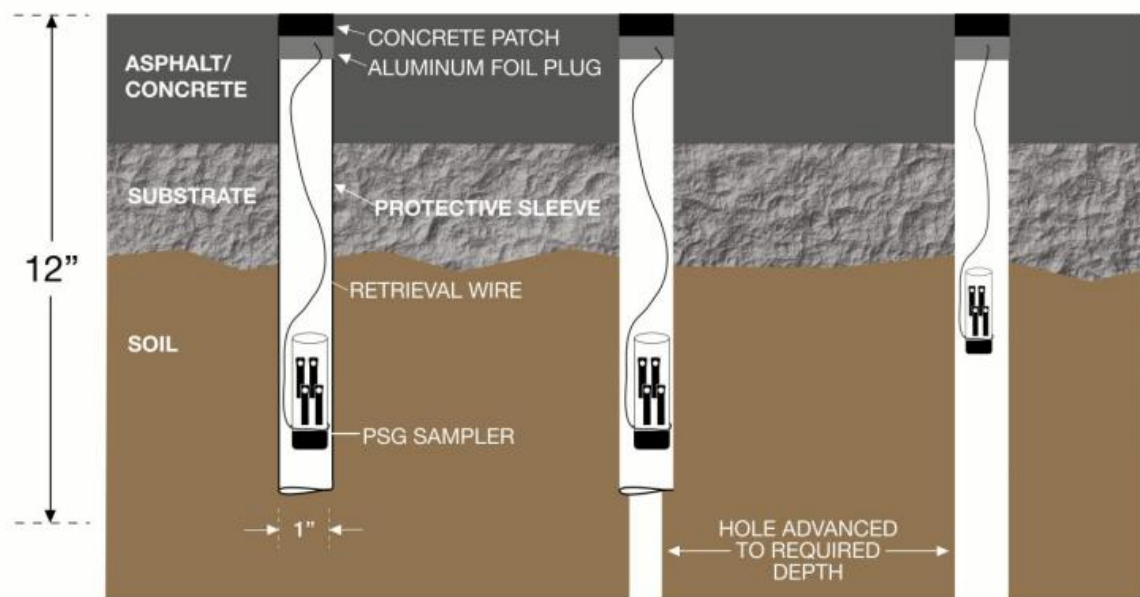
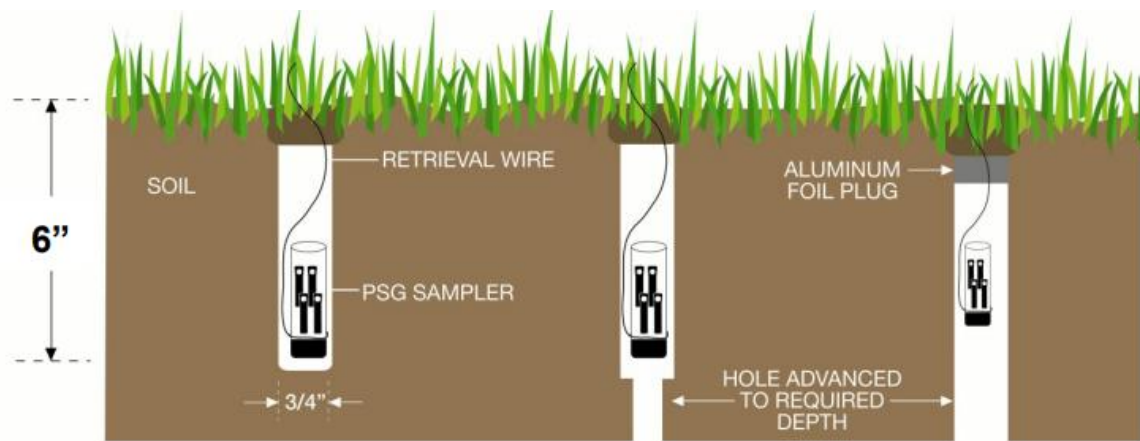
Passive poreluftmetoder som alternativ?



Modificeret figur fra:
Retningslinjer for udtagning
af luftprøver ved
forureningsundersøgelser (VMR)

Vinylchlorid i terrænnært grundvand, men ikke i poreluften?

Passiv poreluftmetode: PSG samplers



Beacon Environmental: Passive soil gas (PSG) samplers

Absorberer flygtige og semi-flygtige organiske forbindelser

Måleperiode: 3 - 14 dage

Usikkerhed med uptake-rate, ingen sammenligning med ADK

Passive Soil Gas Survey Representative List of Target Compounds

TPH C5-C8
TPH C9-C15
Vinyl Chloride
1,1-Dichloroethene
Methylene Chloride
1,1,2-Trichlorotrifluoroethane (Freon 113)
trans-1,2-Dichloroethene
Methyl-t-butyl ether (MTBE)
1,1-Dichloroethane
cis-1,2-Dichloroethene
Chloroform
1,2-Dichloroethane
1,1,1-Trichloroethane
Carbon Tetrachloride
Benzene
Trichloroethene
1,4-Dioxane
1,1,2-Trichloroethane Toluene
1,2-Dibromoethane (EDB)
Tetrachloroethene
1,1,1,2-Tetrachloroethane
Chlorobenzene

Ethylbenzene
p & m-Xylene
o-Xylene
1,2,3-Trichloropropane
Isopropylbenzene
1,3,5-Trimethylbenzene
1,2,4-Trimethylbenzene
1,3-Dichlorobenzene
1,4-Dichlorobenzene
1,2-Dichlorobenzene
1,2,4-Trichlorobenzene
Naphthalene
Hexachlorobutadiene
Trichlorobenzenes
2-Methylnaphthalene
Biphenyl
Acenaphthylene
Acenaphthene
Dibenzofuran
Fluorene



Beacon Environmental
Passive Soil Gas Testing:
Standard for Site Characterization

midt Region
Midtjylland

Udviklingsprojekt

Test af Beacon Passive Soil Gas (PSG) samplers anvendelighed

Fase 1

ORSA og PSG sampler i indeluft

Fase 2a

Kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft (losseplads)

Fase 2b

Kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft (restforurening efter afværge)

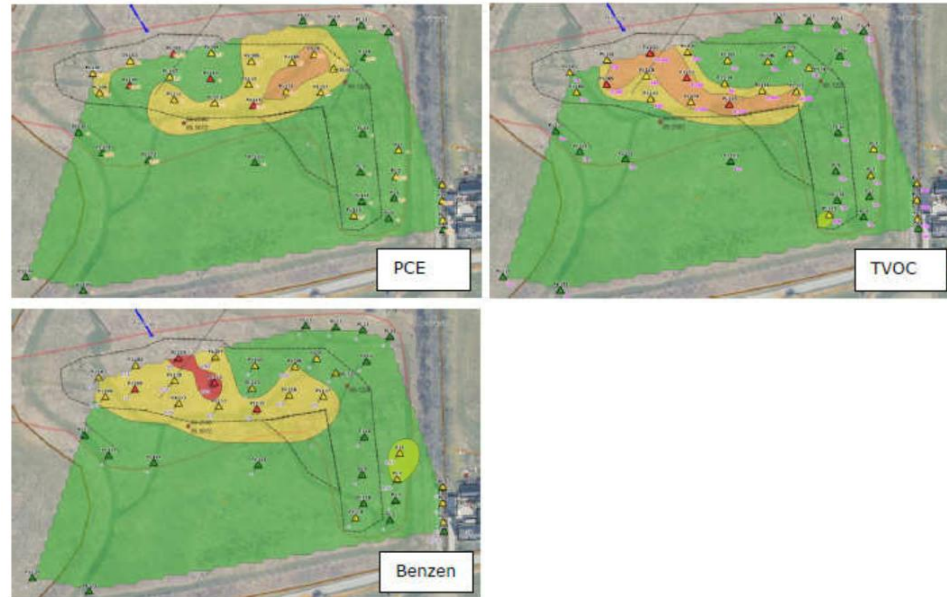
Fase 2a

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved losseplads



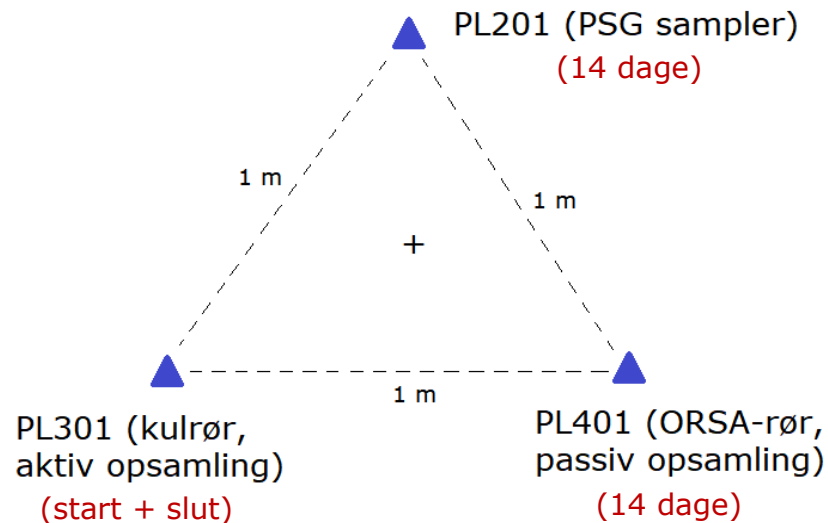
Formål

Undersøge om PSG sampler kan gengive kendt poreluftforurening (stoffer og koncentration) – påvist med kulrør.



Fase 2a

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved losseplads



Princip for prøvetagning ved hvert måleklynge

Formål

Undersøge om PSG sampler kan gengive karakterisering og afgrænsning af kendt poreluftforurening – udført med kulrør.

Prøvetagning

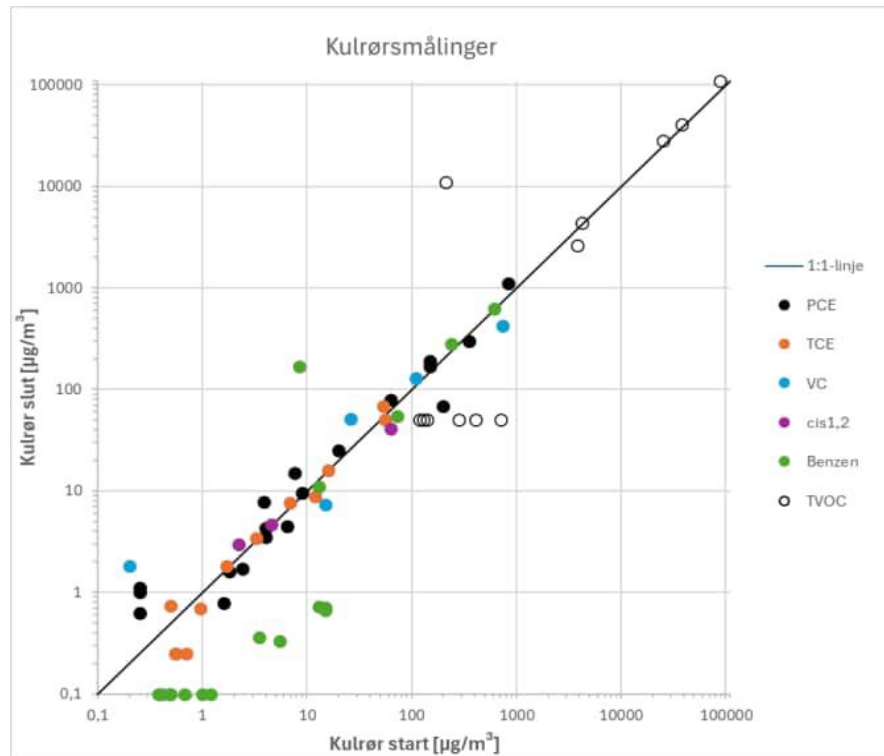
17 måleklynger: kulrør, ORSA og PSG ca. 1 m u.t.

Måleperiode: start + slut (kulrør), 14 dage (passiv)

Fase 2a

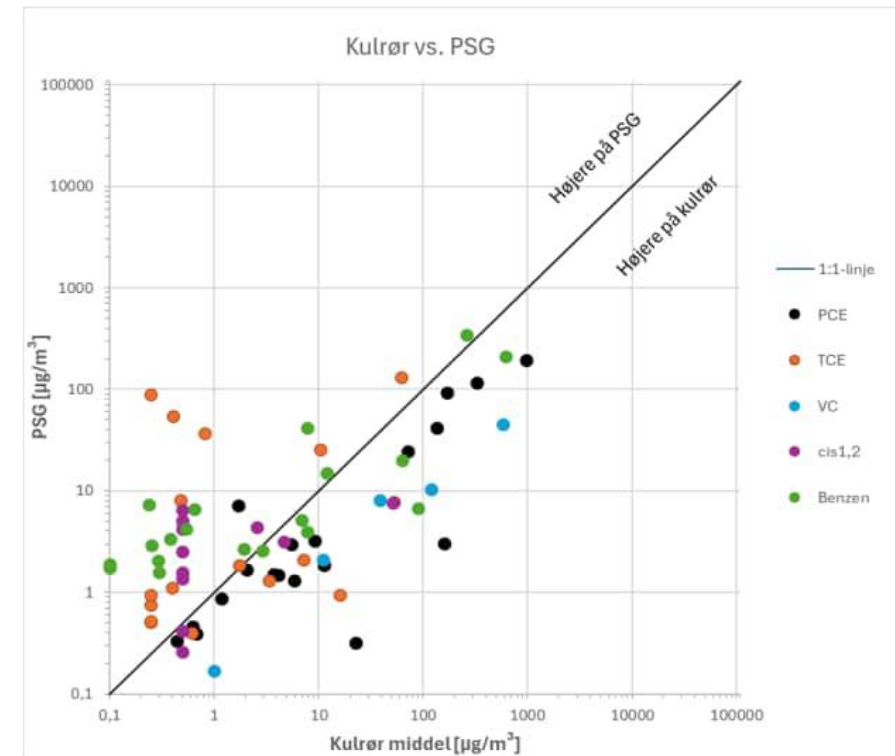
Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved losseplads

Små tidslige variationer for de to kulrørsmålinger
Vurderes anvendelig til sammenligning



Kulrør start + slut plottet imod hinanden

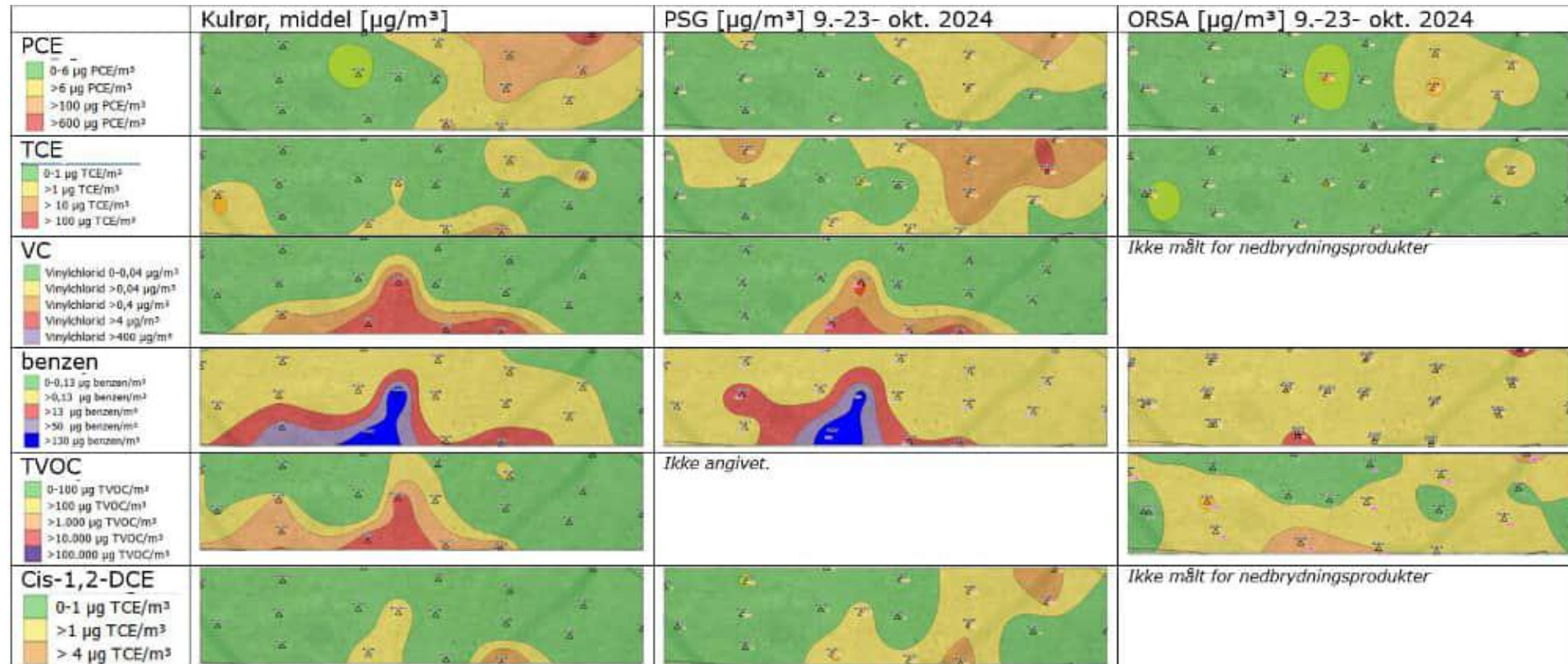
Variation i koncentrationsniveauer for forskellige stoffer (affinitet, passiv/aktiv)



PSG plottet mod kulrør (gns.)

Fase 2a

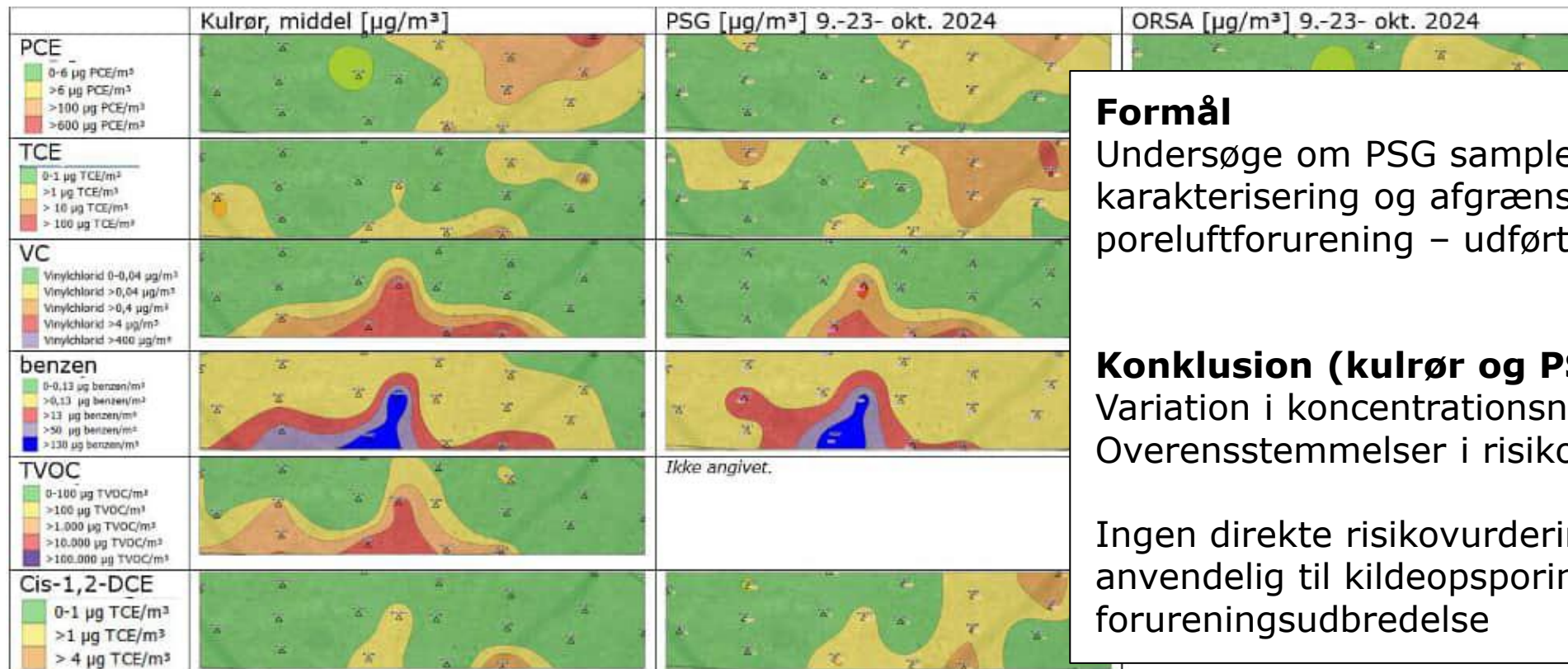
Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved losseplads



Risikoplots for udvalgte forureningskomponenter optegnet for de tre målemetoder, middelværdier er brugt for kulrør.

Fase 2a

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved losseplads



Formål

Undersøge om PSG sampler kan gengive karakterisering og afgrænsning af kendt poreluftforurening – udført med kulrør.

Konklusion (kulrør og PSG)

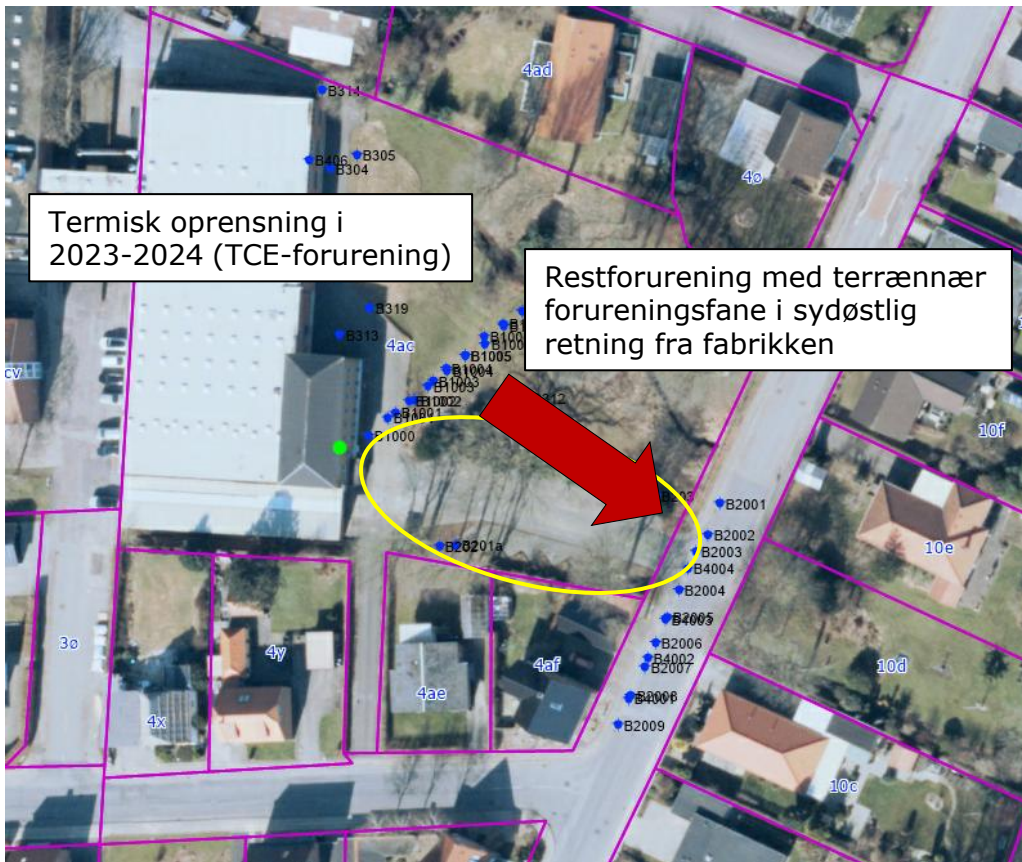
Variation i koncentrationsniveauer
Overensstemmelser i risikoprofiler

Ingen direkte risikovurdering, men
anvendelig til kildeopsporing og relativ
forureningsudbredelse

Risikoplots for udvalgte forureningskomponenter optegnet for de tre målemetoder, middelværdier er brugt for kulrør.

Fase 2b

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved restforurening

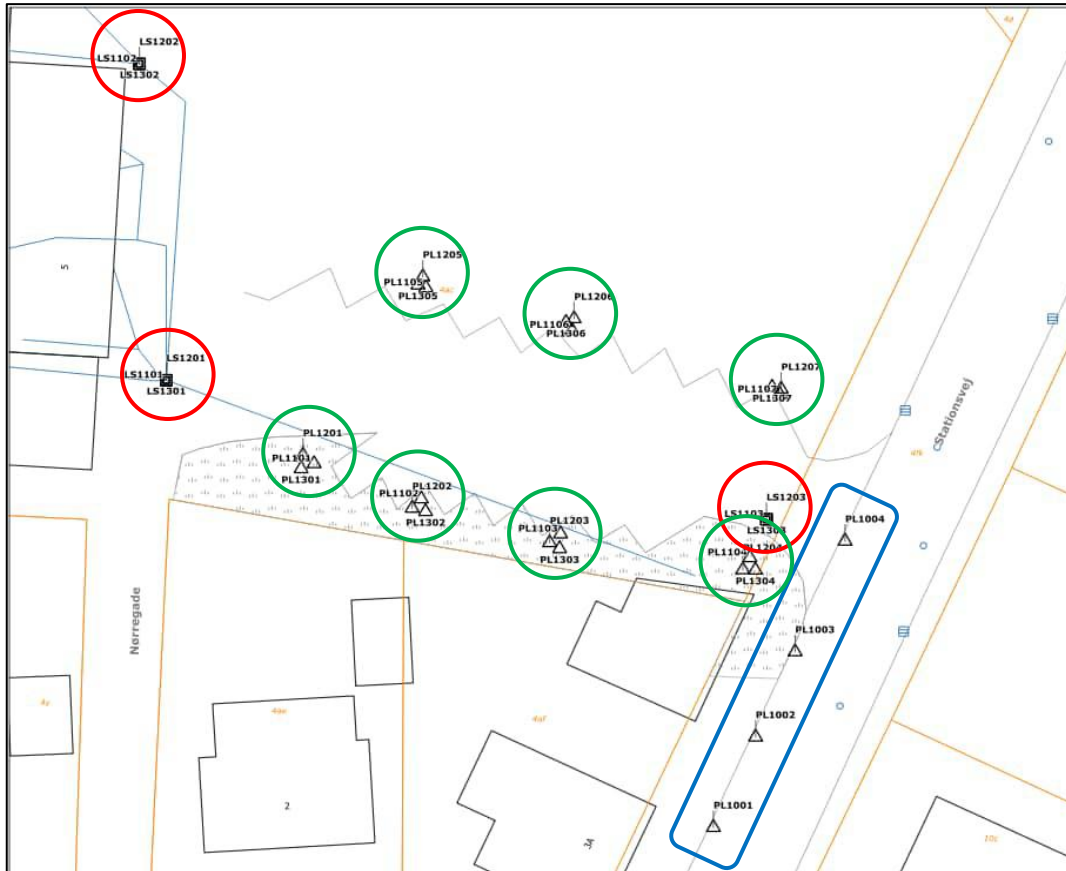


Formål

Gentage fase 2a: TCE-forurening i terrænnær grundvand med risiko for afdampning til boliger.

Fase 2b

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved restforurening

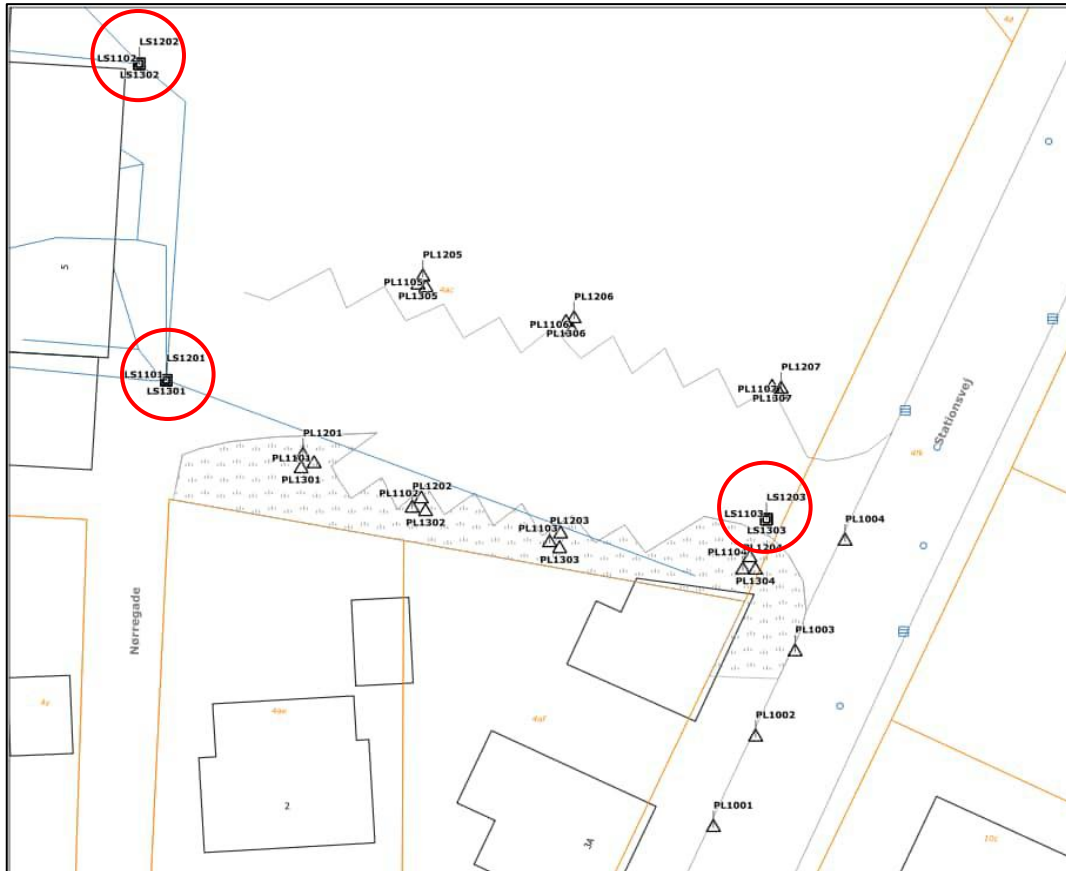


Prøvetagning (runde 1)

- 1) **Klyngeprincip** som fase 2a: kulrør, ORSA og PSG i indkørsel til fabrik, nord for boliger.
- 2) **Tre kloakbrønde**: kulrør, ORSA og PSG
- 3) **Kulrørsmålinger** i fire perm. målepunkter (boringer)

Fase 2b

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved restforurening



Prøvetagning (runde 1)

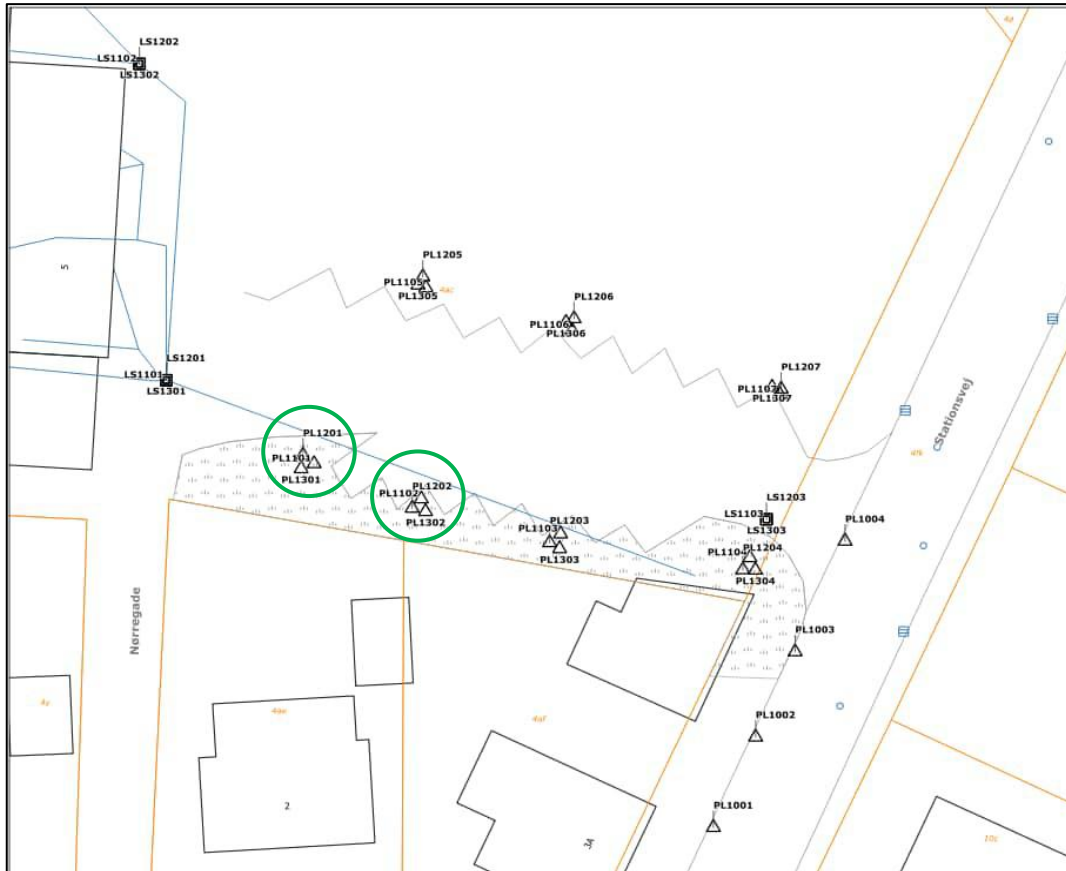
- 1) **Klyngeprincip** som fase 2a: kulrør, ORSA og PSG i indkørsel til fabrik, nord for boliger.
- 2) **Tre kloakbrønde**: kulrør, ORSA og PSG
- 3) **Kulrørsmålinger** i fire perm. målepunkter (boringer)

Målepunkt	Prøvedato	Metode	TCE	PCE	Vinylchlorid
LS1101	24/4-8/5-2025	PSG	483	1,29	2,86
LS1201	24-04-2025	kul op	150	< 0,5	3,2
LS1201	08-05-2025	kul ned	2,5	< 0,5	2,8
LS1301	24/4-8/5-2025	ORSA	370	1,1	0,57
LS1102	24/4-8/5-2025	PSG	299	< 0,302	0,799
LS1202	24-04-2025	kul op	2,5	< 0,5	< 0,4
LS1202	08-05-2025	kul ned	82	< 0,5	6,6
LS1302	24/4-8/5-2025	ORSA	180	0,66	0,33
LS1103	24/4-8/5-2025	PSG	556	1,58	5,39
LS1203	08-05-2025	kul op	410	< 0,5	< 0,4
LS1203	24-04-2025	kul ned	480	< 0,5	14
LS1303	24/4-8/5-2025	ORSA	430	1,3	0,89

Kloakbrønd: Overensstemmelse mellem de tre metoder

Fase 2b

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved restforurening



Prøvetagning (runde 1)

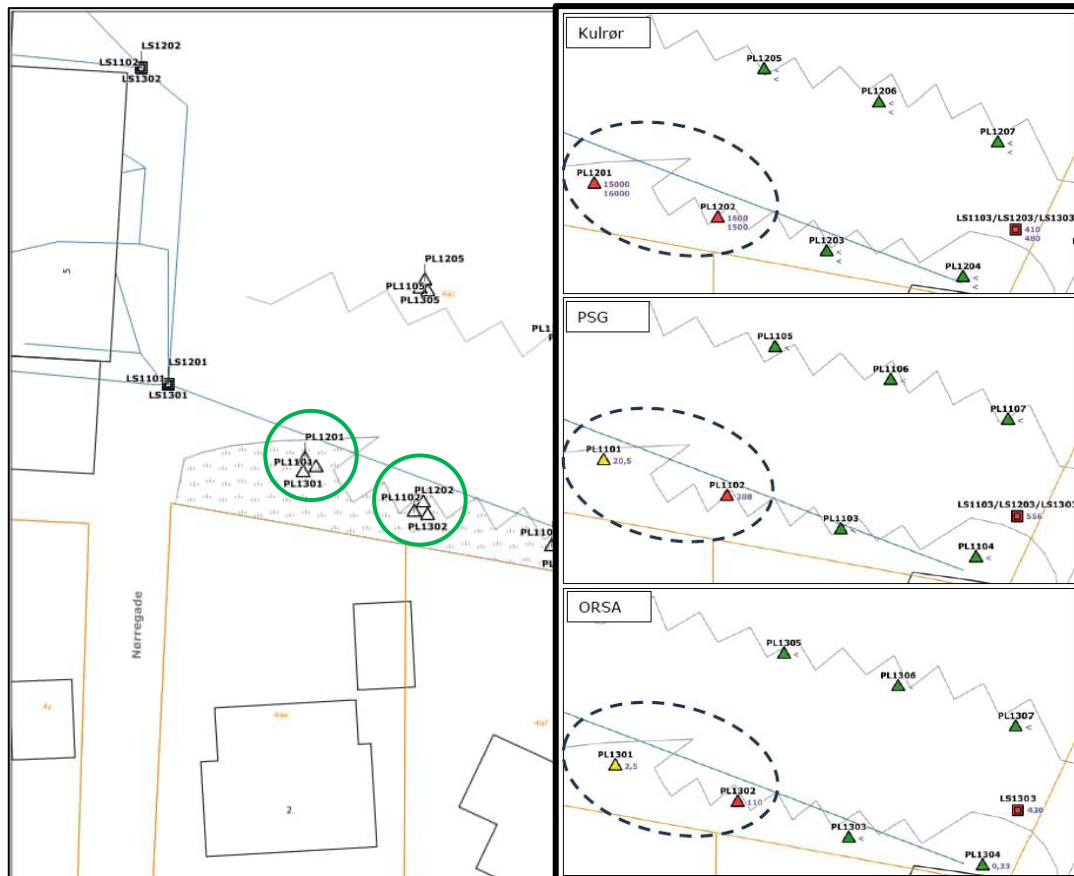
- 1) **Klyngeprincip** som fase 2a: kulrør, ORSA og PSG i indkørsel til fabrik, nord for boliger.
- 2) **Tre kloakbrønde**: kulrør, ORSA og PSG
- 3) **Kulrørsmålinger** i fire perm. målepunkter (boringer)

Måle-punkt	Prøvedato:	Metode	TCE	PCE	Vinylchlorid
PL1101	24-04-2025	PSG	20,5	1,61	< 0,155
PL1201	10-04-2025	Kulrør op	15.000	1,1	180
PL1201	24-04-2025	Kulrør ned	16.000	1,1	59
PL1301	24-04-2025	ORSA	2,5	< 0,1	< 0,04
PL1102	24-04-2025	PSG	388	< 0,307	< 0,155
PL1202	10-04-2025	Kulrør op	1.600	0,51	< 0,4
PL1202	24-04-2025	Kulrør ned	1.500	< 0,5	< 0,4
PL1302	24-04-2025	ORSA	110	< 0,1	< 0,04

Måleklynger: Stor variation i koncentration, samme "hotspot"

Fase 2b

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved restforurening



Prøvetagning (runde 1)

- 1) **Klyngeprincip** som fase 2a: kulrør, ORSA og PSG i indkørsel til fabrik, nord for boliger.
- 2) **Tre kloakbrønde**: kulrør, ORSA og PSG
- 3) **Kulrørsmålinger** i fire perm. målepunkter (boringer)

Måle-punkt	Prøvedato:	Metode	TCE	PCE	Vinylchlorid
PL1101	24-04-2025	PSG	20,5	1,61	< 0,155
PL1201	10-04-2025	Kulrør op	15.000	1,1	180
PL1201	24-04-2025	Kulrør ned	16.000	1,1	59
PL1301	24-04-2025	ORSA	2,5	< 0,1	< 0,04
PL1102	24-04-2025	PSG	388	< 0,307	< 0,155
PL1202	10-04-2025	Kulrør op	1.600	0,51	< 0,4
PL1202	24-04-2025	Kulrør ned	1.500	< 0,5	< 0,4
PL1302	24-04-2025	ORSA	110	< 0,1	< 0,04

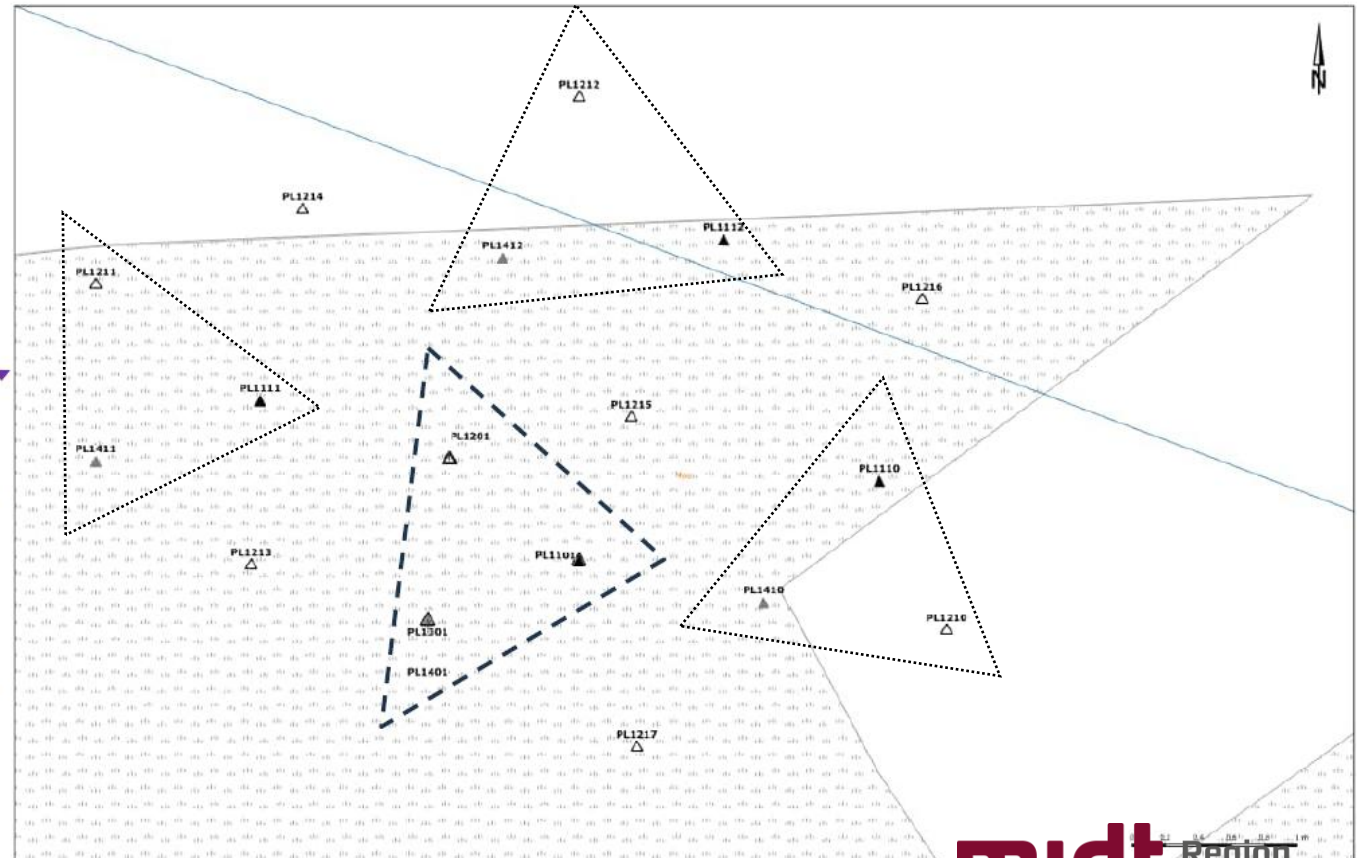
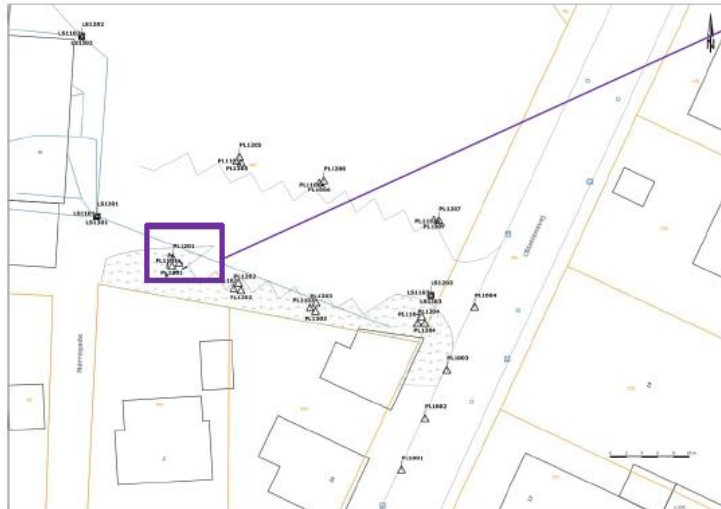
Måleklynger: Stor variation i koncentration, samme "hotspot"

Fase 2b

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved restforurening

Prøvetagning (runde 2)

- 1) Klyngeprincip: én gentagelse, tre nye
Kulrør og PSG – forskellige dybder
- 2) Fem kulrørsmålinger imellem

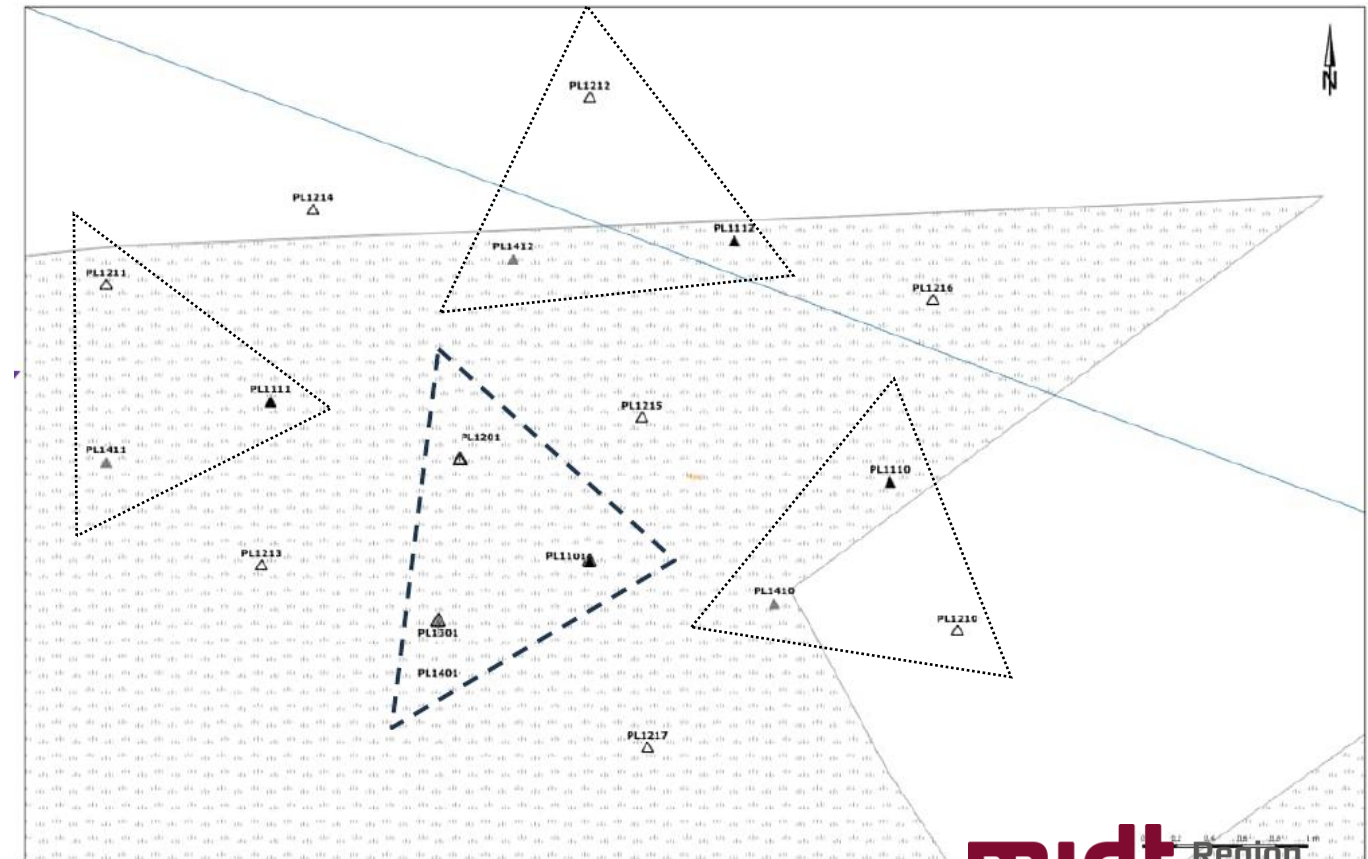
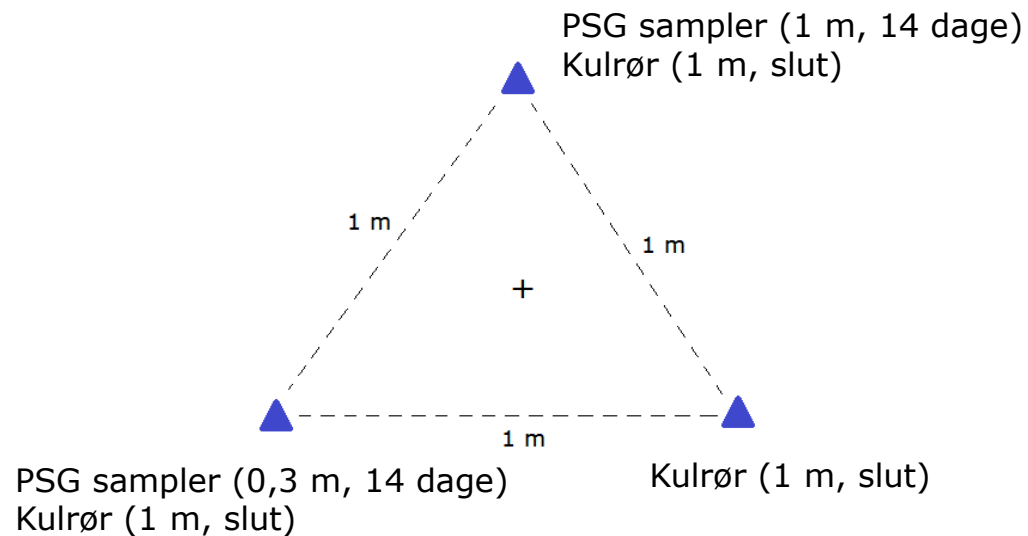


Fase 2b

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved restforurening

Prøvetagning (runde 2)

- 1) Klyngeprincip: én gentagelse, tre nye
Kulrør og PSG – forskellige dybder
- 2) Fem kulrørsmålinger imellem



Fase 2b

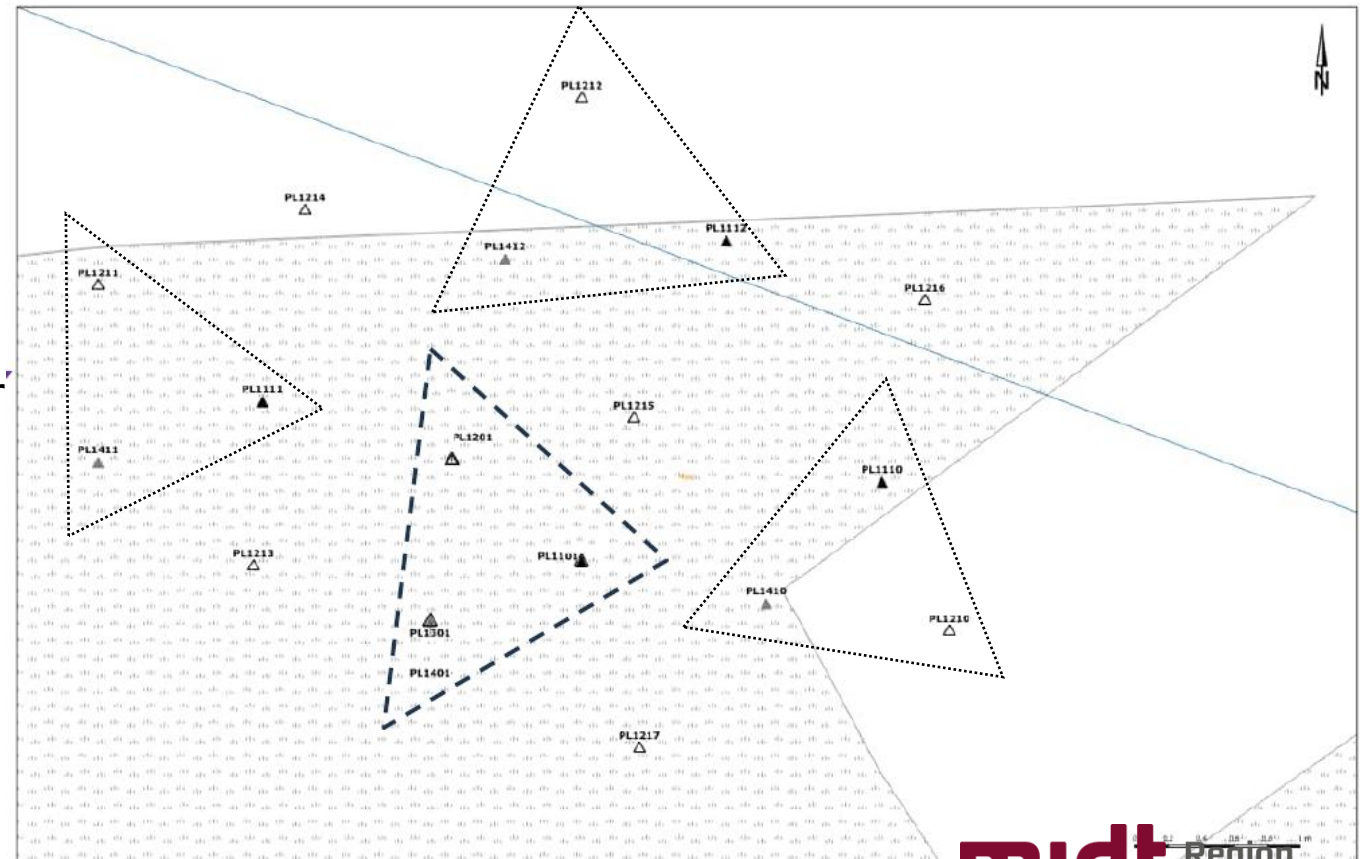
Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved restforurening

Prøvetagning (runde 2)

- 1) Klyngeprincip: én gentagelse, tre nye
Kulrør og PSG – forskellige dybder
- 2) Fem kulrørsmålinger imellem

Konklusion

Stor variation i poreluftkoncentrationerne inden for korte afstande, mindre god testlokalitet



Fase 2b

Sammenligning af kulrør, ORSA og PSG sampler i poreluft ved restforurening

Prøvetagning (runde 2)

- 1) Klyngeprincip: én gentagelse, tre nye
Kulrør og PSG – forskellige dybder
- 2) Fem kulrørsmålinger imellem

Konklusion

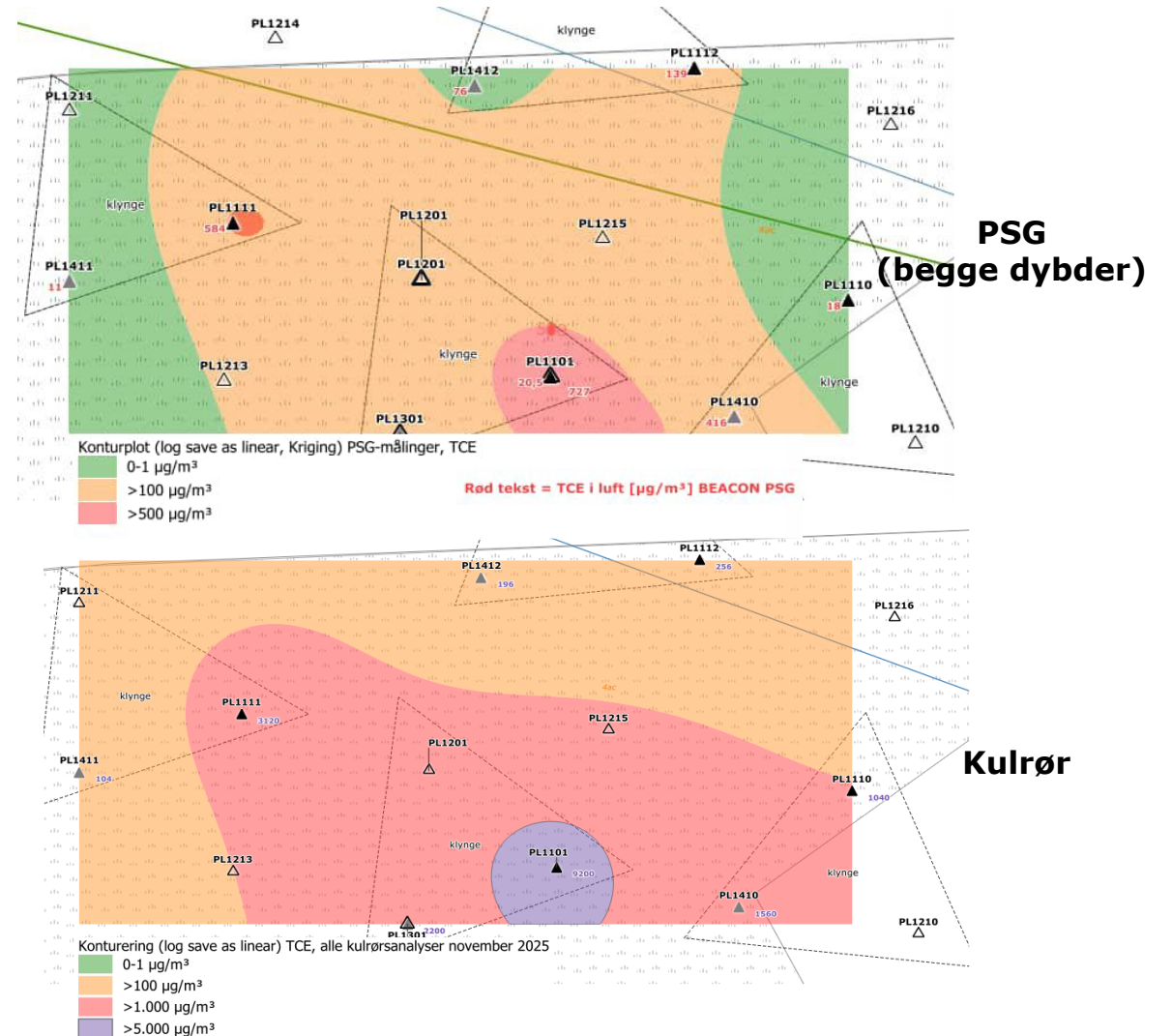
Stor variation i poreluftkoncentrationerne inden for korte afstande, mindre god testlokalitet

Overensstemmelse mellem forureningsbilledet for kulrør og PSG.

Samlet:

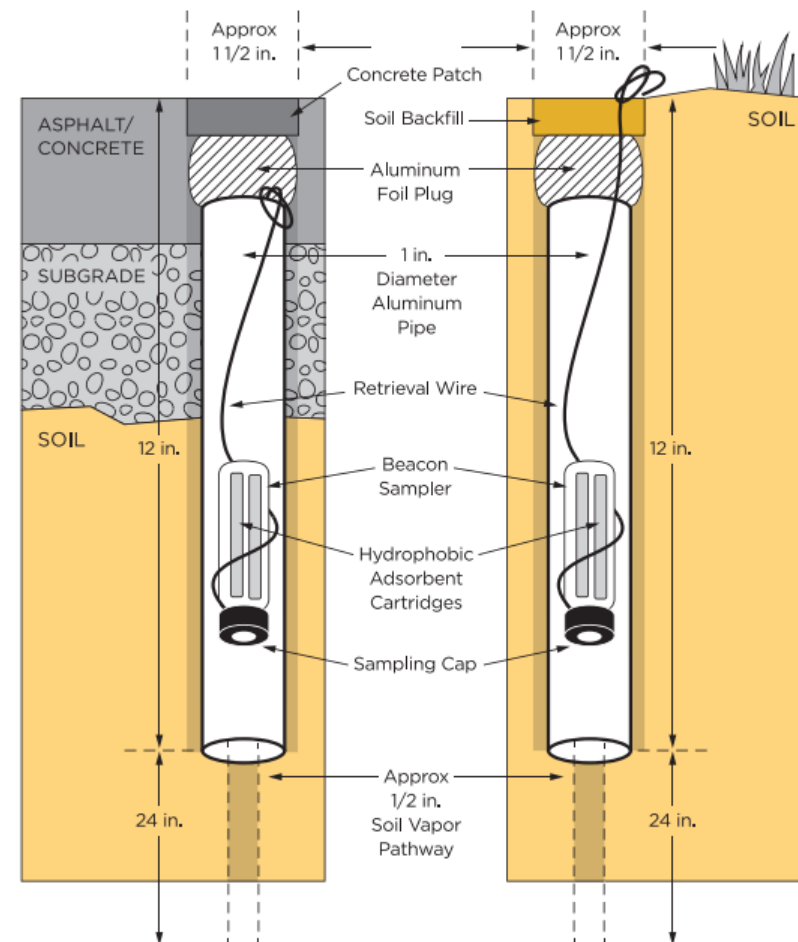
Godt alternativ, når opsamling på kulrør ikke er muligt

- Kildeopsporing
- Relativ forureningsudbredelse

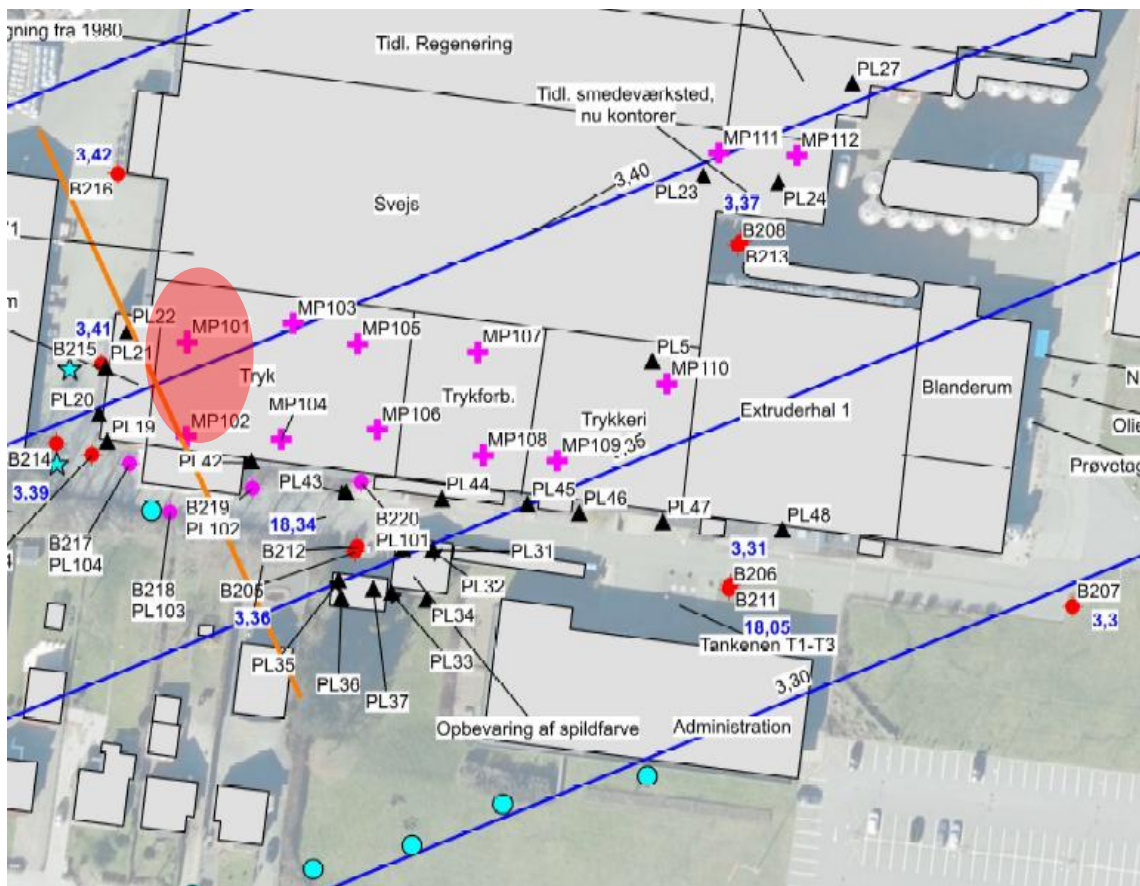


AFPRØVNING AF PSG-SAMPLERE PÅ 3 LOKALITETER

- Formål hos Region Syddanmark
 - Behov for kildeopsporing, men traditionelle poreluftmålinger ikke mulige
 - Tæt formation
 - Tæt på grundvandsspejl
 - Fund af vinylchlorid i grundvand, men ikke i poreluften

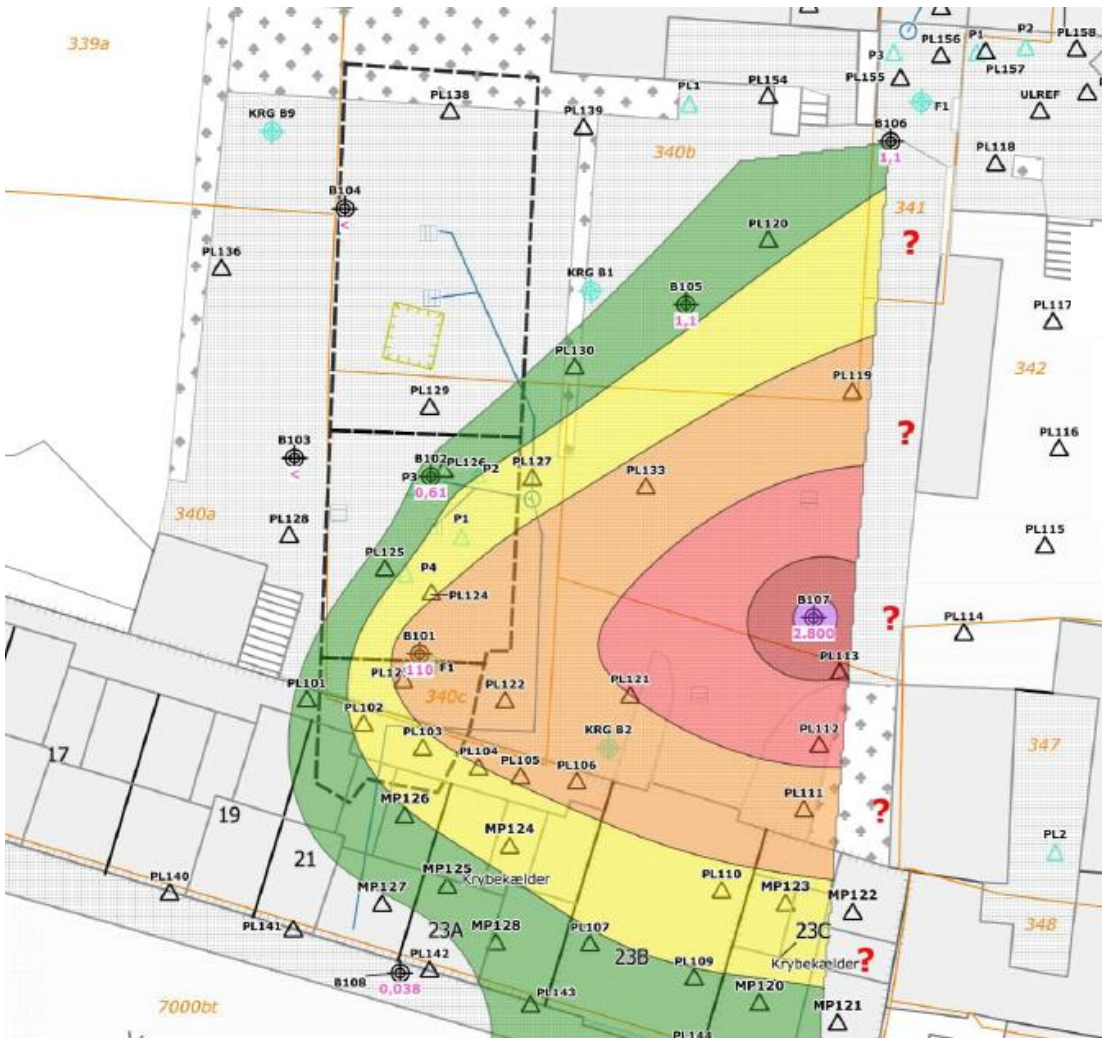


LOKALITET 1, VU, GRUNDVANDSFORURENING MED TCE



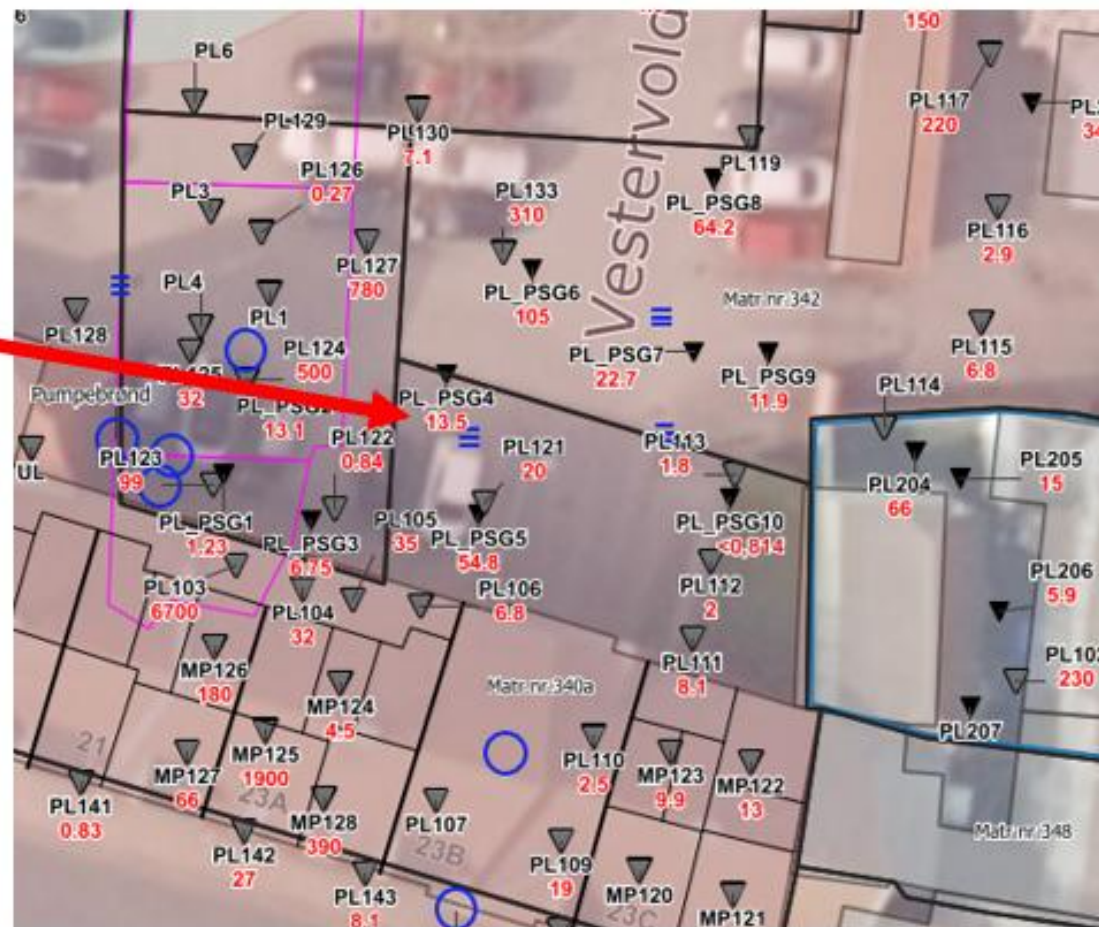
- Poreluftmålinger i umættet sand fra ~ 9 m u.t.
 - Kulrør - TCE
 - 2.200 µg/m³ (PL103)
 - 23.000 µg/m³ (PL104)
- Passive poreluftmålinger under gulv
 - PSG – TCE
 - 593 µg/m³ (MP101)
 - 2.350 µg/m³ (MP102)
- Konklusion
 - Samme område
 - God indikation af hotspot

- [illegible]



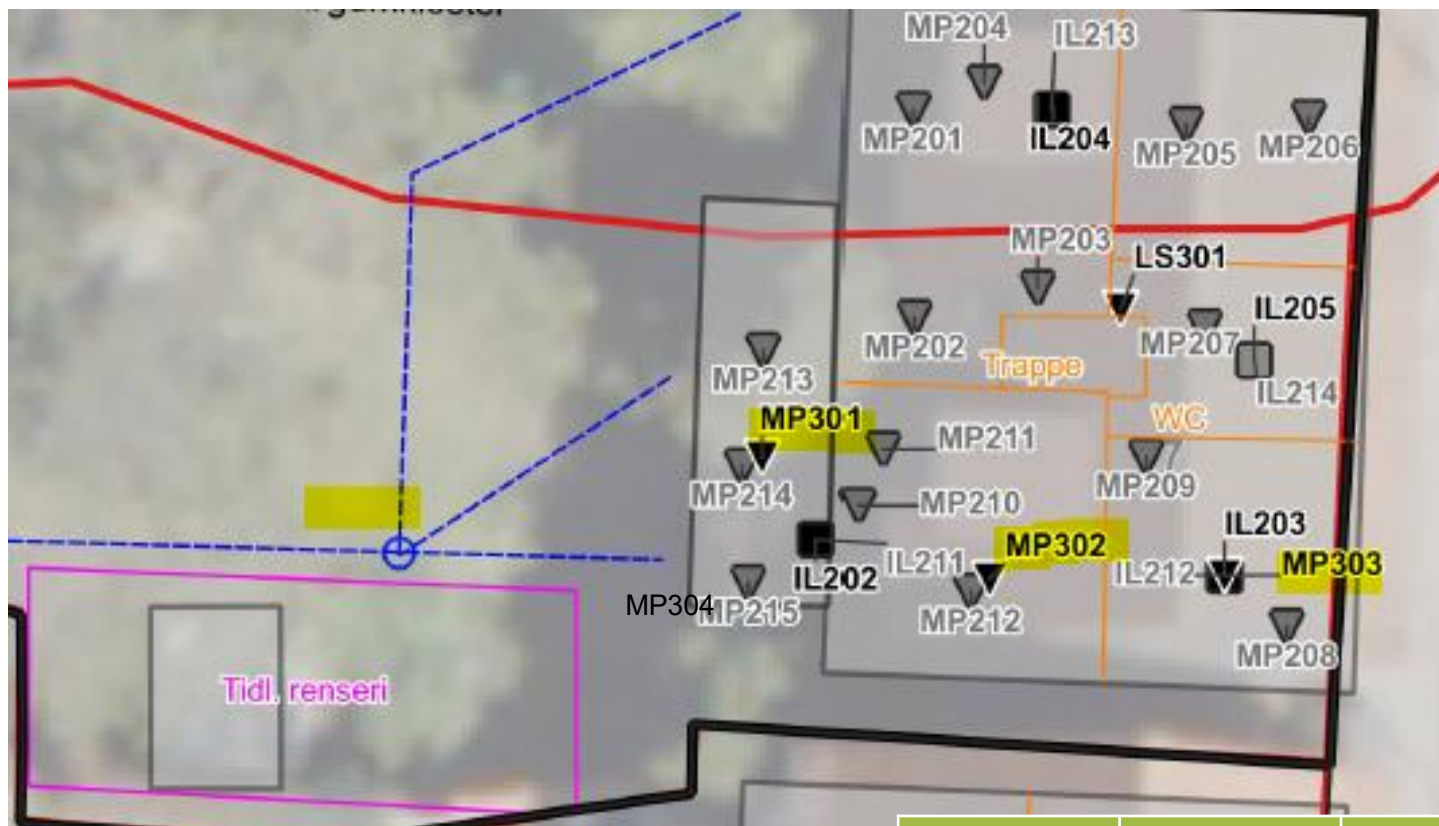
LOKALITET 2, VU INDELUFTH (VC)

	TCE	PCE	VC
PL_PSG1	<1.01	1,23	<0,4
PL_PSG2	2,35	13,1	<0,4
PL_PSG3	<1.01	6,75	<0,4
PL_PSG4	4,42	13,5	5,37
PL_PSG5	5,21	54,8	<0,4
PL_PSG6	15,1	105	<0,4
PL_PSG7	1,6	22,7	<0,4
PL_PSG8	7,1	64,2	<0,4
PL_PSG9	<1.01	11,9	<0,4
PL_PSG10	<1.01	<0.814	<0,4
PL213	<	14	
PL214	<	1	
PL215	1,5	38	



- PL på kulrør- ingen vinylchlorid
- PSG samplere testes i samme område
- PSG påviser TCE og PCE som på kulrør – og vinylchlorid i én prøve
- Det påvises ved en kloakbrønd –som er spredningsvejen ind i bygningen

LOKALITET 3, VU INDELUF T (PCE)



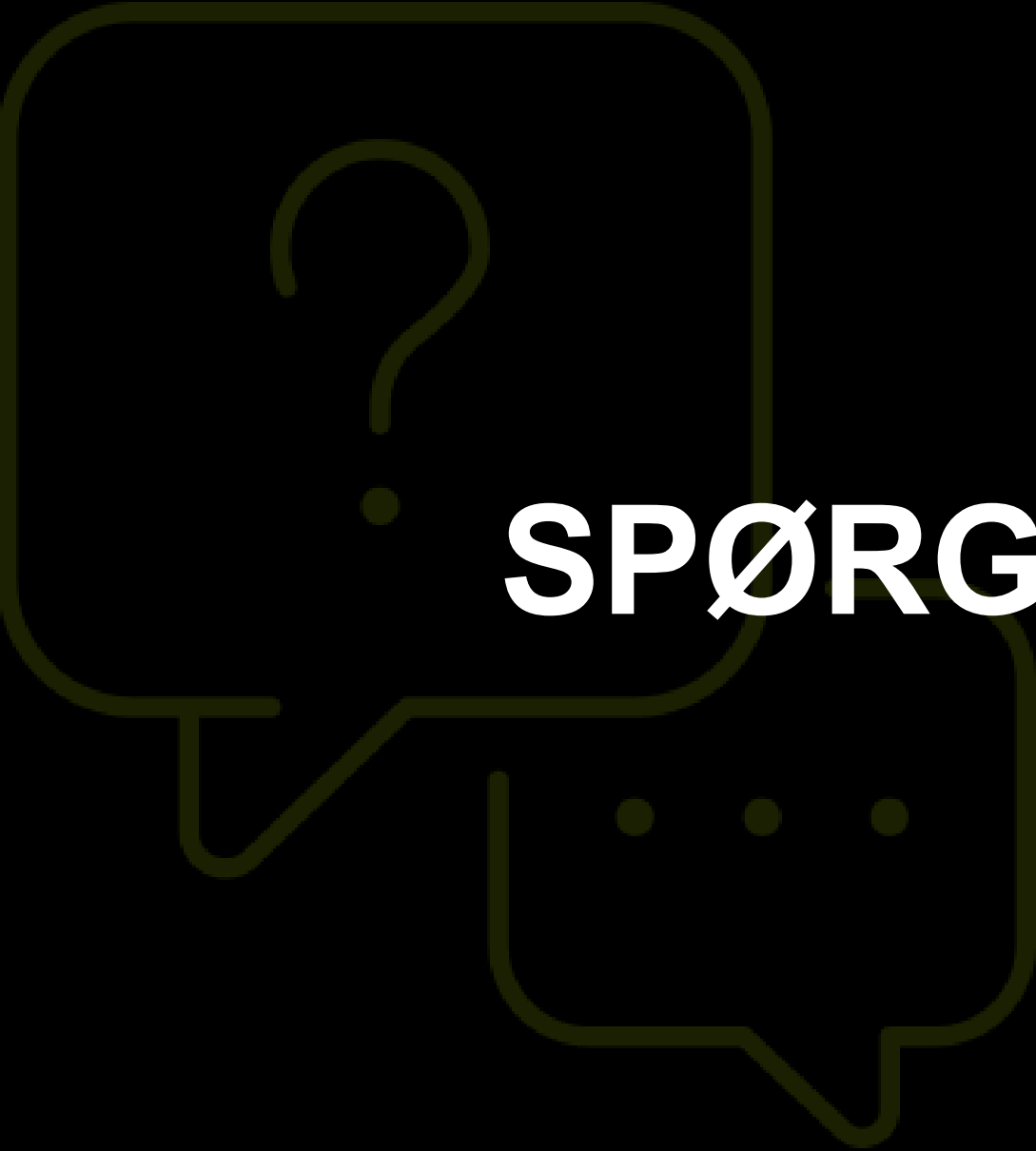
- Beboelsesejendom, hvor der tidligere er påvist VC i én måling og PCE på kulrør under kældergulv
- Ny måling for VC under gulv
- Poreluft er vanskeligt, da der er højtstående grundvand
- Ses samme billede hvis der anvendes passive samplere, hvor der måles over længere tid?

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ PCE	MP301	MP302	MP303	MP304
PSG	402	614	1.570	217
Kulrør	100	260	680	220

KONKLUSION

- Erfaringer ved brug af Beacons PSG samplere
 - Kan anvendes til kildeopsparing
 - Hjælpeværktøj til hvor vi skal placere boringer
 - Kan anvendes når almindelige poreluftmålinger ikke kan
 - "Billig metode"
 - Usikkerhed i uptake-rate, så kan ikke anvendes til direkte sammenligning med afdampningskriteriet og risikovurdering
 - De giver indikative målinger, når der er usikkerhed i uptake rate
 - Kan for nuværende ikke anvendes til endelig afgrænsning af forurening





SPØRGSMÅL?