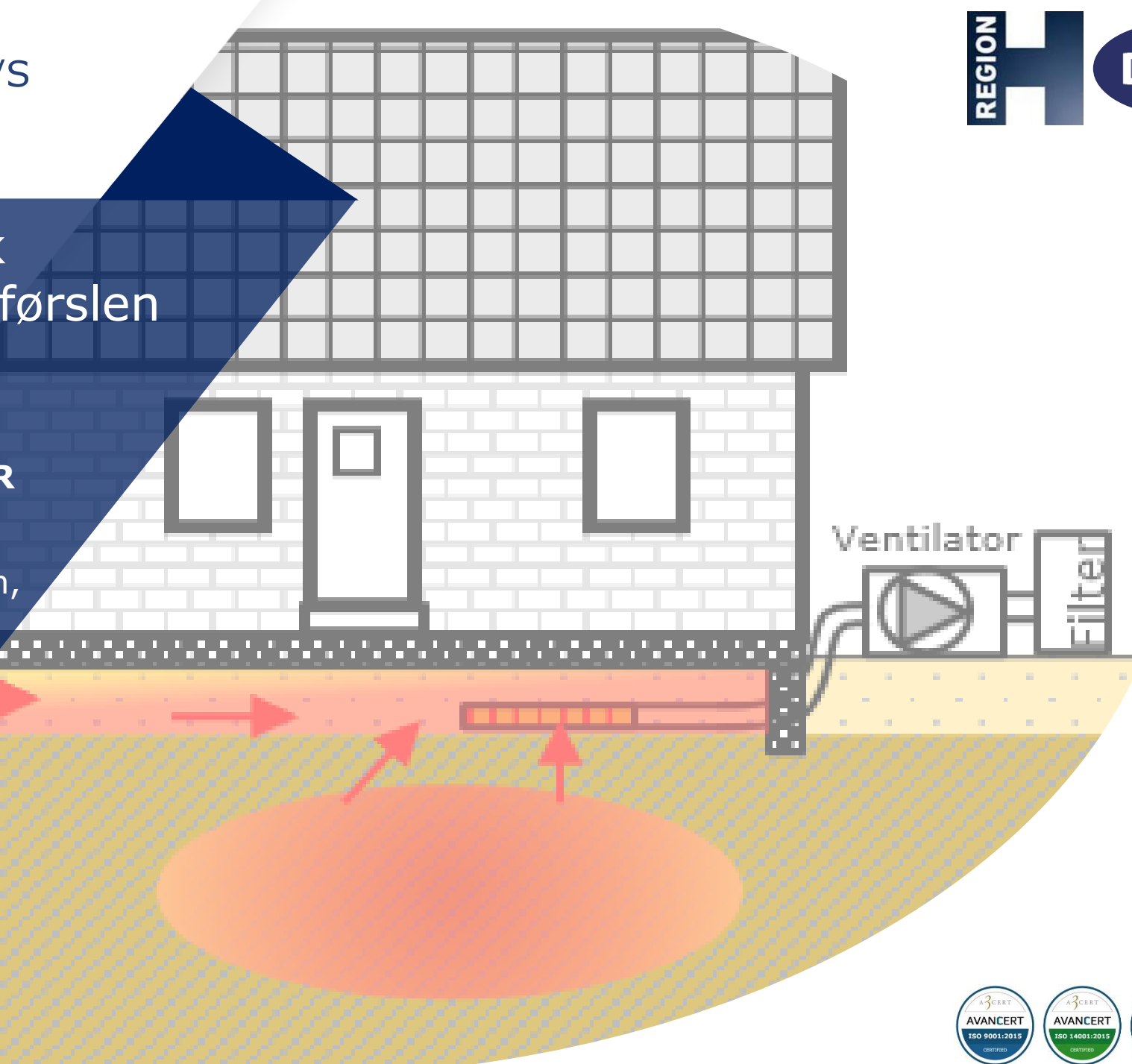


Masseflowtest giver unik information om massetilførslen til poreluften under gulv

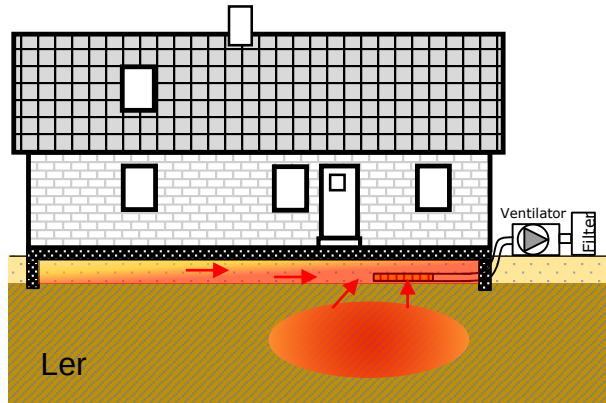
Trine Skov Jepsen, Per Loll, Martin Flyhn og Mads Buchardt Mundt, **DMR**

Ane Weitling Jantzen, Tidl. **DMR**

Maria Hag og Sine Thorling Sørensen, **Region Hovedstaden**



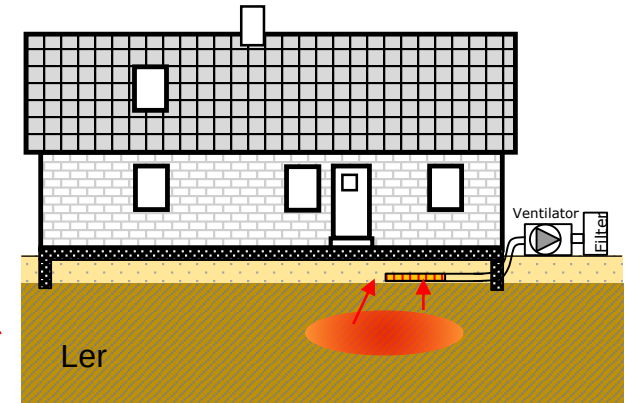
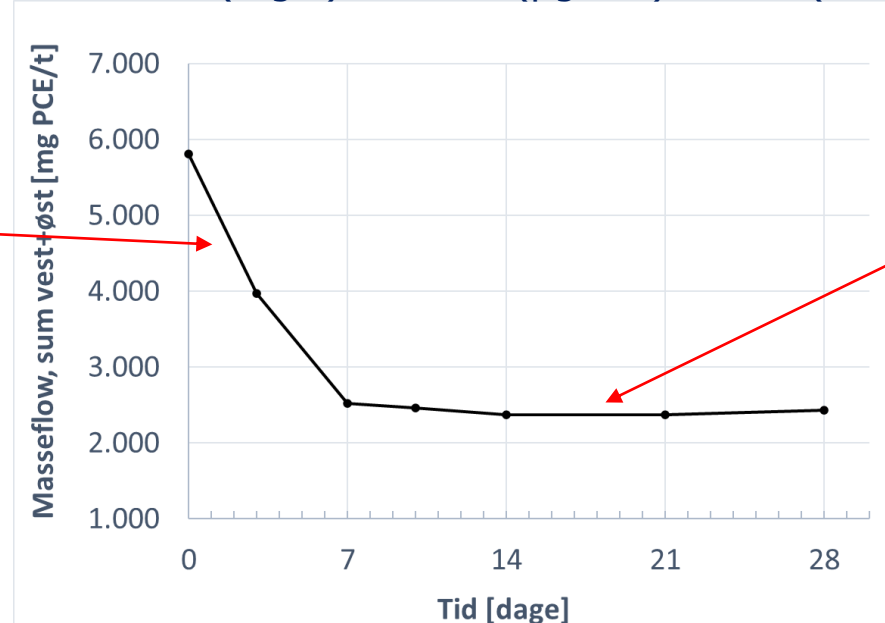
Kort om masseflowtests under gulv



Start test

- Ophobet masse i poreluft under gulv og i formationen fjernes.

$$\text{Masseflow (mg/t)} = \text{konc. } (\mu\text{g/m}^3) * \text{flow (m}^3/\text{t)}$$

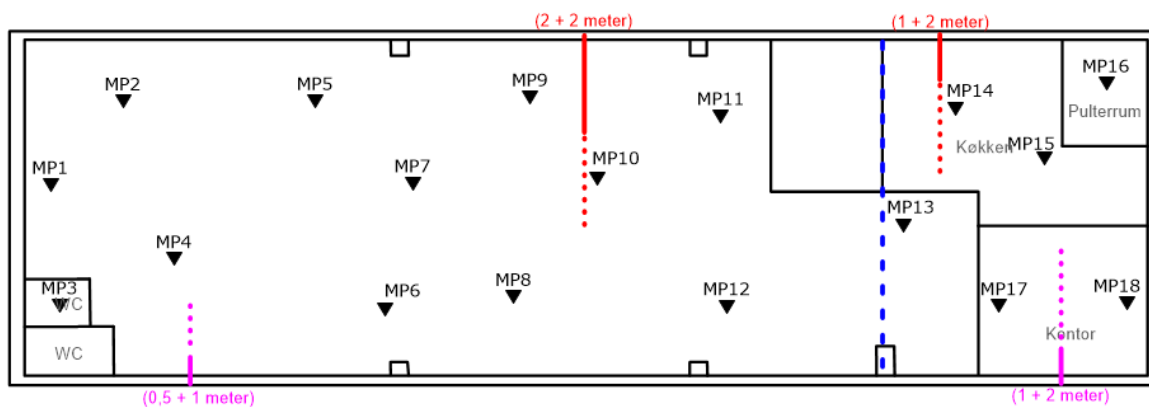


Steady state/Ligevægt

- Afgivelsen af forurening bliver diffusionsbegrænset.
- Der afgives samme mængde fra jordforureningen som der fjernes via masseflow-testen.

Opsætning masseflowtests i Innovationsgaragen

- 6 stk. masseflowtest (3 på nordside og 3 på sydside):
 - Korttidstest over to dage (4 flow).
 - Langtidstest -> Steady State.
- Poreluft (18 pkt.) og indeluftmonitoring (9 pkt.) forud for hver test.
- Logning af differenstryk i 18 punkter under gulv.
- 5-6 ugers "hviletid" imellem hver masseflowtest.



- — Sokkel
- Blindrør - ventilationssug (nord)
- - - Slidset rør - ventilationssug (nord)
- Blindrør - ventilationssug (syd)
- - - Slidset rør - ventilationssug (syd)

Hvad kan I forvente at få med hjem

- Best practice og robusthed ved brugen af masseflowtest på indeklimasager.
 - Masseflowtests er et yderst stærkt værktøj til forståelse af samspillet mellem geologi, forureningsfrigivelse og forureningsudbredelse under bygninger.
 - Masseflowtest har således et kæmpe potentiale, når det handler om at bidrage til den konceptuelle forståelse af en given forurenede lokalitet, inkl. forståelse samspillet imellem forureningen under bygningen og forureningsindholdet i indeluften.

Dette oplæg giver jer **ikke** "State of the art for masseflowtests"

Delkonklusion:

Wake up call angående massetilførsel til poreluft under gulv

Go to www.menti.com and use the code 12 44 42 0

Hvor lang tid vil du forvente, at der går fra masseflowtest, til poreluftkoncentrationen under bygningen er tilbage ved udgangspunktet?



0%
Dage

0%
Uger

0%
Måneder

0%
År

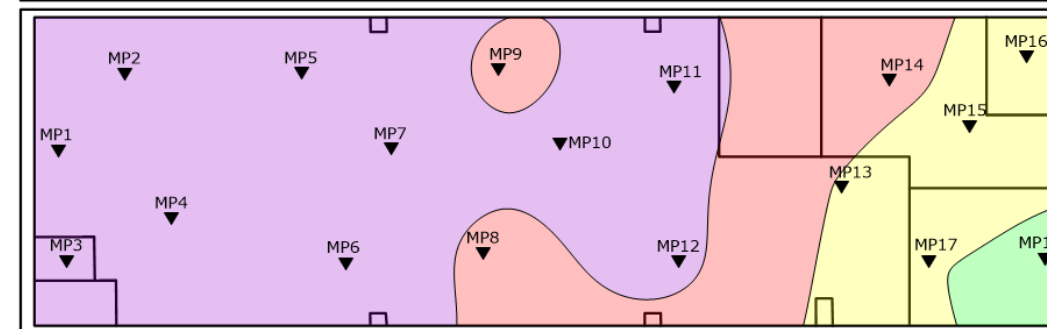
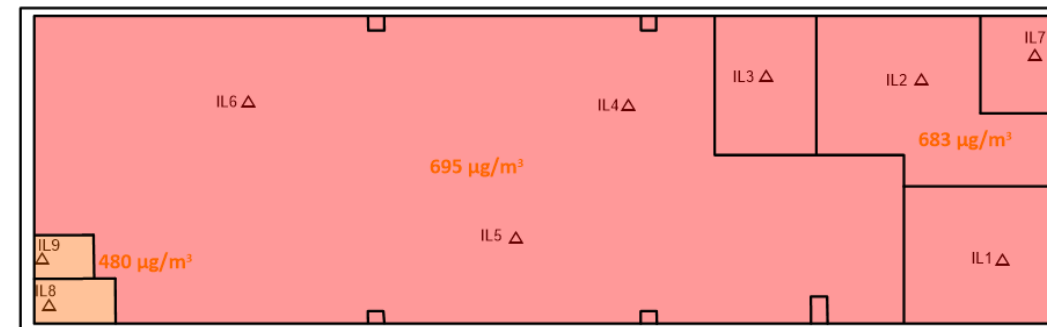
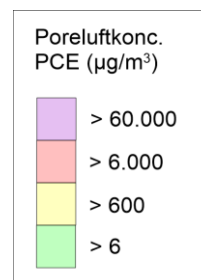
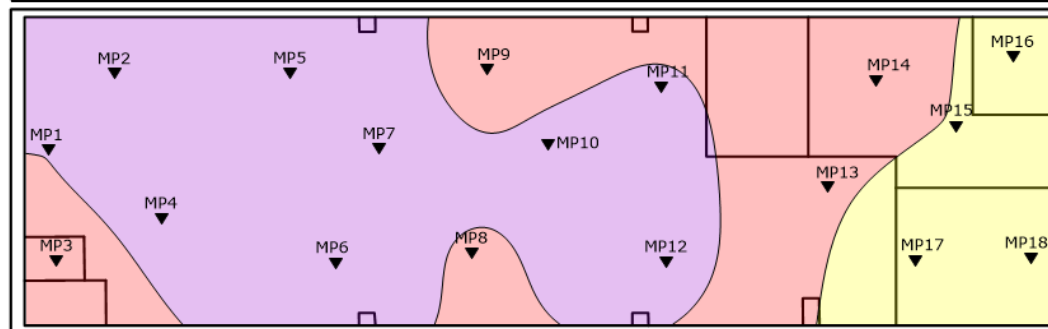
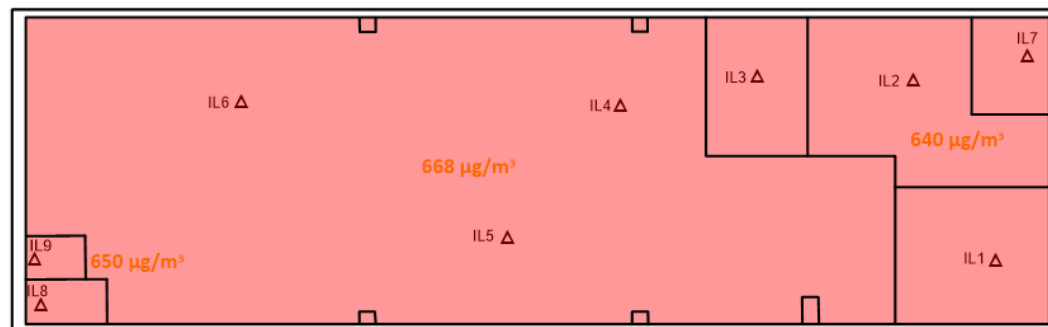


Udgangspunkt for tests på Innovationsgaragen

- Poreluftaftryk og indeluftkoncentrationer viser samme udgangspunkt for masseflowtest i 2018 og 1. test i 2019 (PCE).

Under samme fysiske forhold

- Ingen åbenlyse spredningsveje
- 1 år siden sidste ventilation under gulv



Tidl. data - Sep. 2018

AV-gns.: 184.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Maks: 1.500.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Gns. indeluft: 650 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

1. Test - Okt. 2019

AV-gns.: 286.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Maks: 2.200.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Gns. indeluft: 640 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Samme

Størrelses-
orden

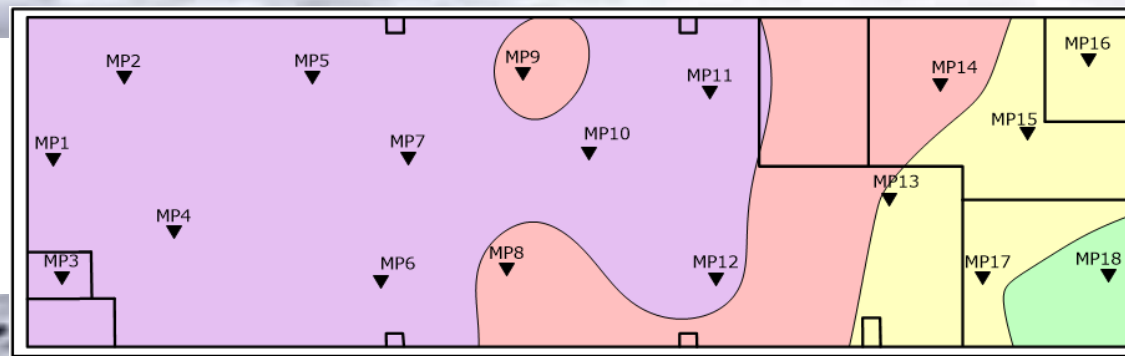
Poreluftaftryk og indeluft – 2 første runder

1. Test - Okt. 2019

AV-gns.: 286.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Maks: 2.200.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Gns. Indeluft: 640 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



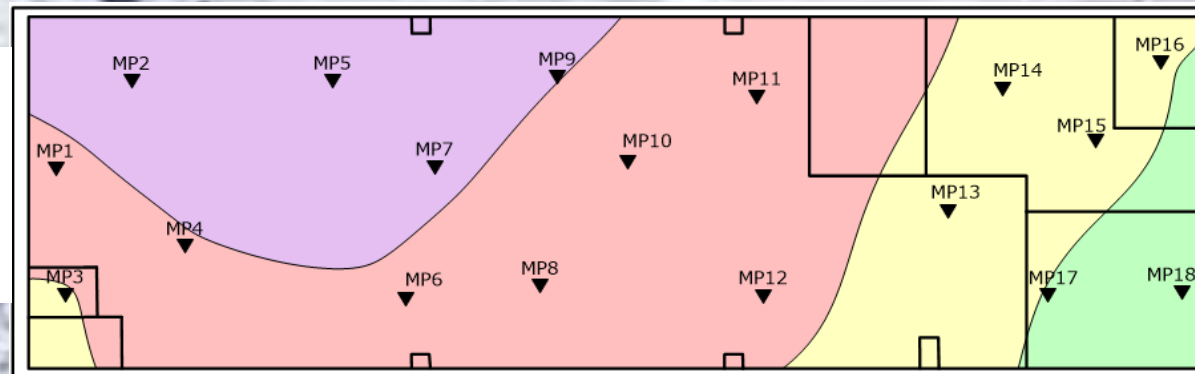
Masseflowtest
+
ca. 5 ugers
ventetid

2. Test - Dec. 2019

AV-gns.: 64.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Maks: 760.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Gns. Indeluft: 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Poreluftknc.
PCE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

> 60.000

> 6.000

> 600

> 6

Meget regn i perioden op til og mellem de to masseflowtests (felt-observationer) ->
Resulterer i en større diffusionsbegrænsning og et mindre poreluftvolumen.

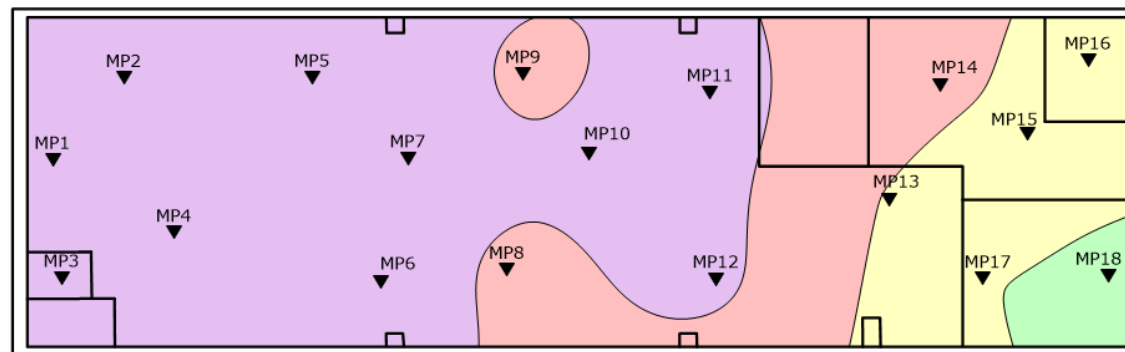
Poreluftaftryk og indeluft – 3 første runder

1. Test - Okt. 2019

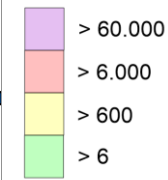
AV-gns.: 286.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Maks: 2.200.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Gns. Indeluft: 640 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Poreluftconc.
PCE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



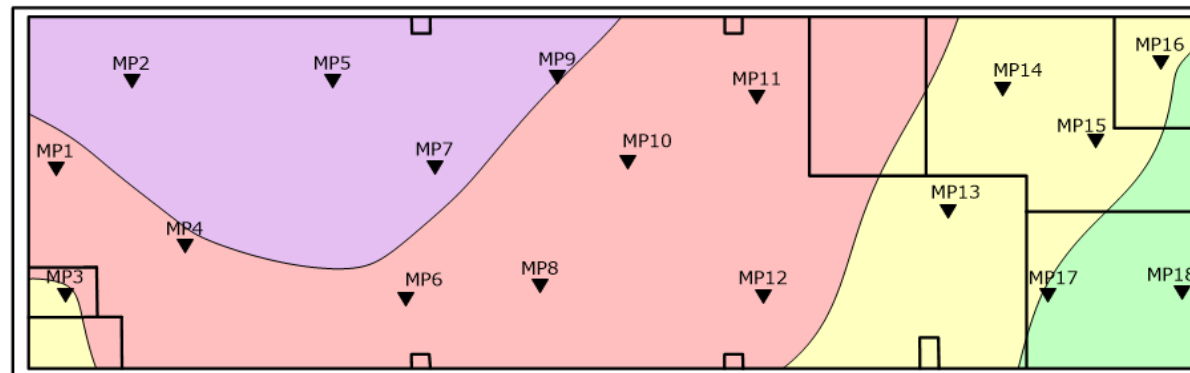
Masseflowtest
+
ca. 5 ugers
ventetid

2. Test - Dec. 2019

AV-gns.: 64.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Maks: 760.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Gns. Indeluft: 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

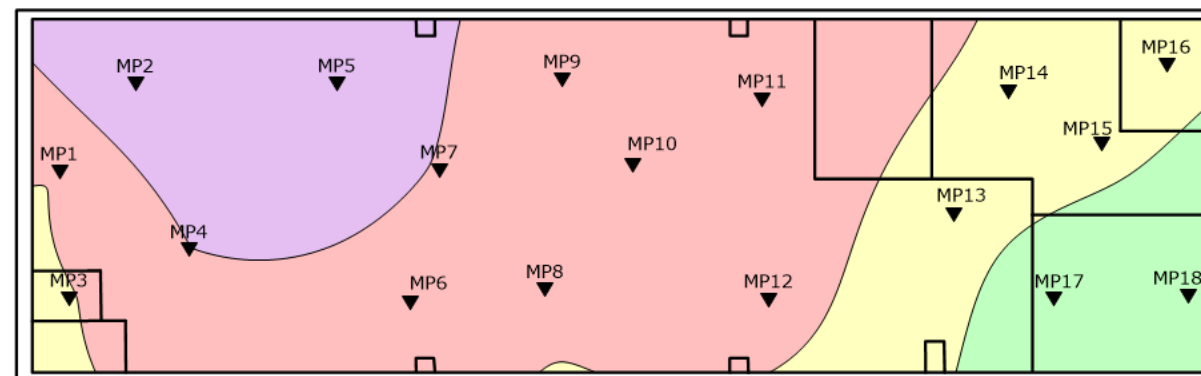


3. Test - Feb. 2020

AV-gns.: 51.500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Maks: 480.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

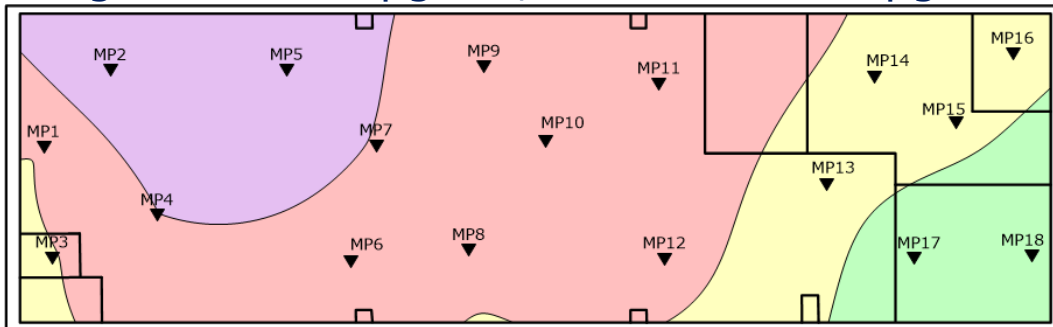
Gns. Indeluft: 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Udviklingen i poreluftindholdet

3. Test - Feb. 2020:

AV-gns.: 52.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Maks: 480.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Dage siden sidste test:

89 dage



143 dage



186 dage

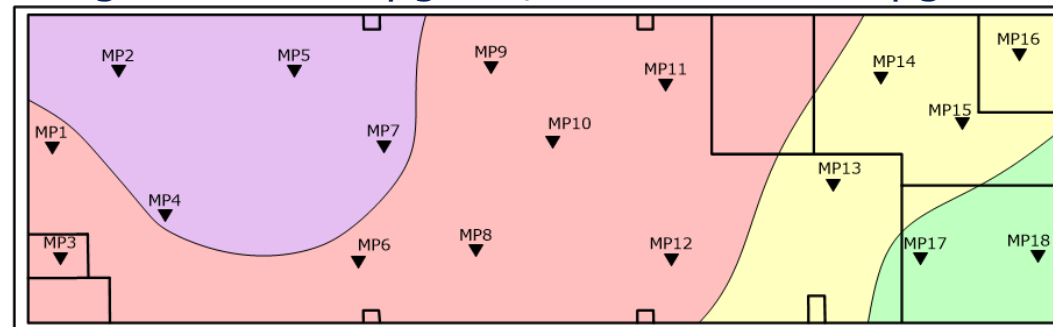


206 dage



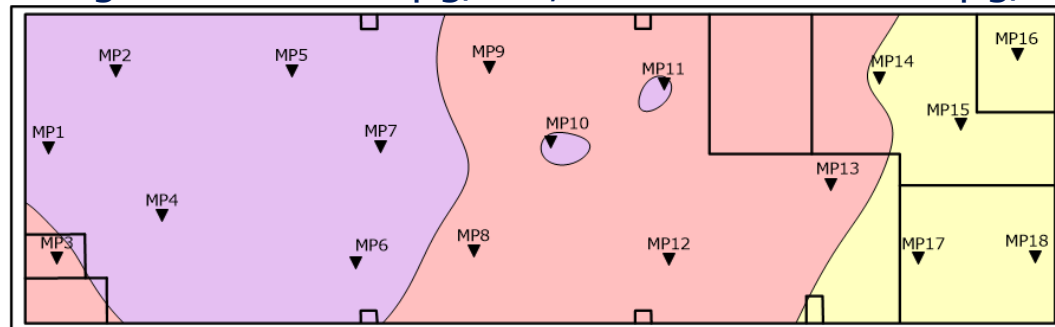
Maj 2020:

AV-gns.: 80.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Maks: 760.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



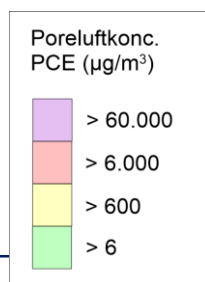
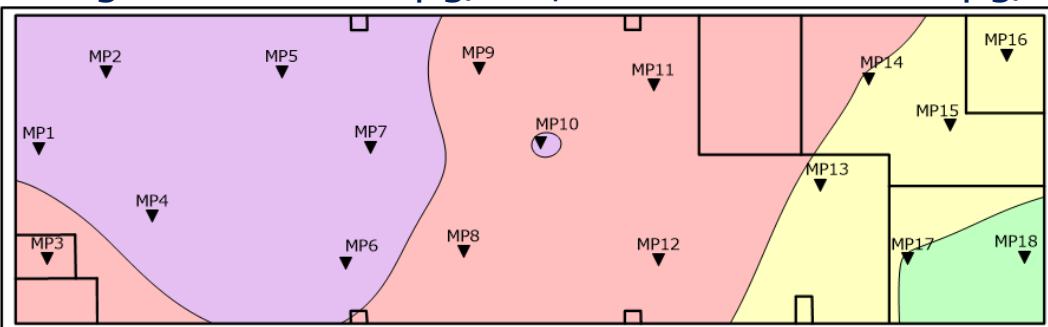
Sep. 2020:

AV-gns.: 165.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Maks: 1.600.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Jul. 2020:

AV-gns.: 150.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Maks: 1.400.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



4. Test - Sep. 2020

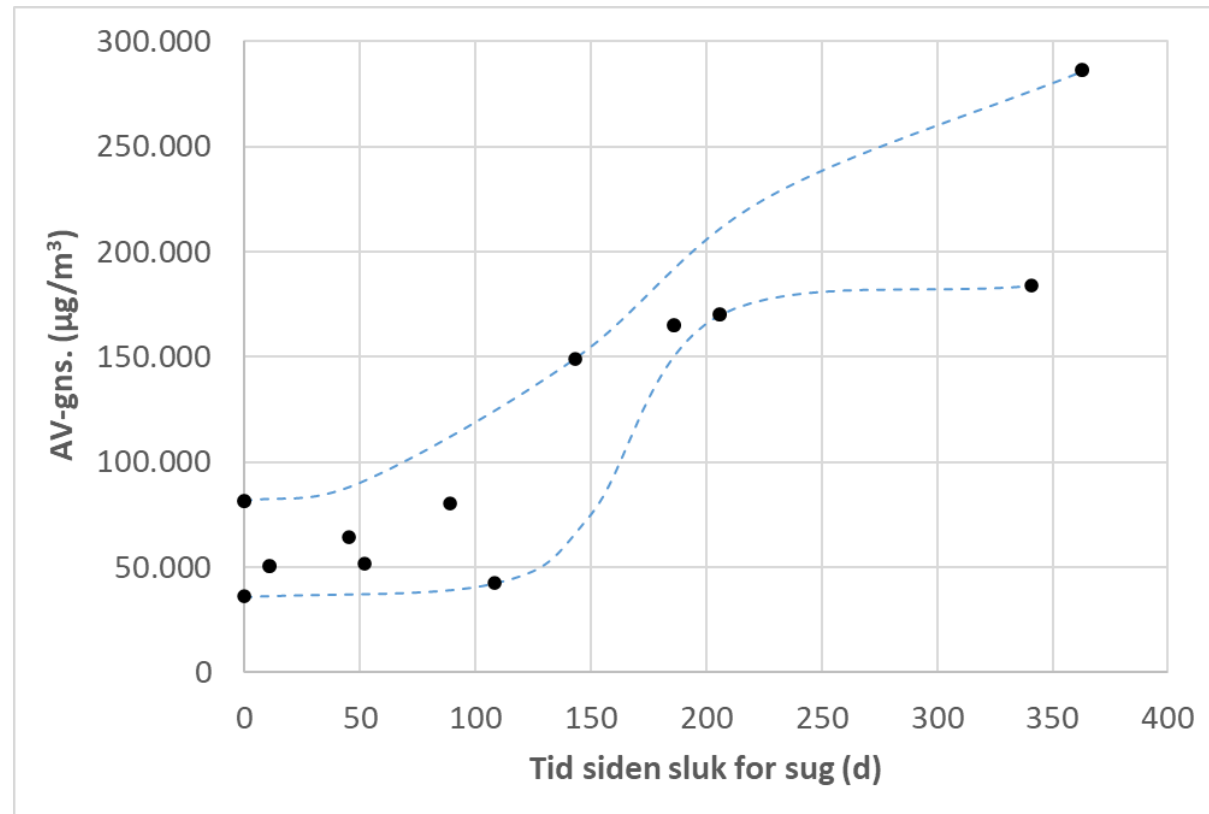
AV-gns.: 170.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Maks: 1.500.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Gns. Indeluft: 490 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tilbagediffusion på Innovationsgaragen

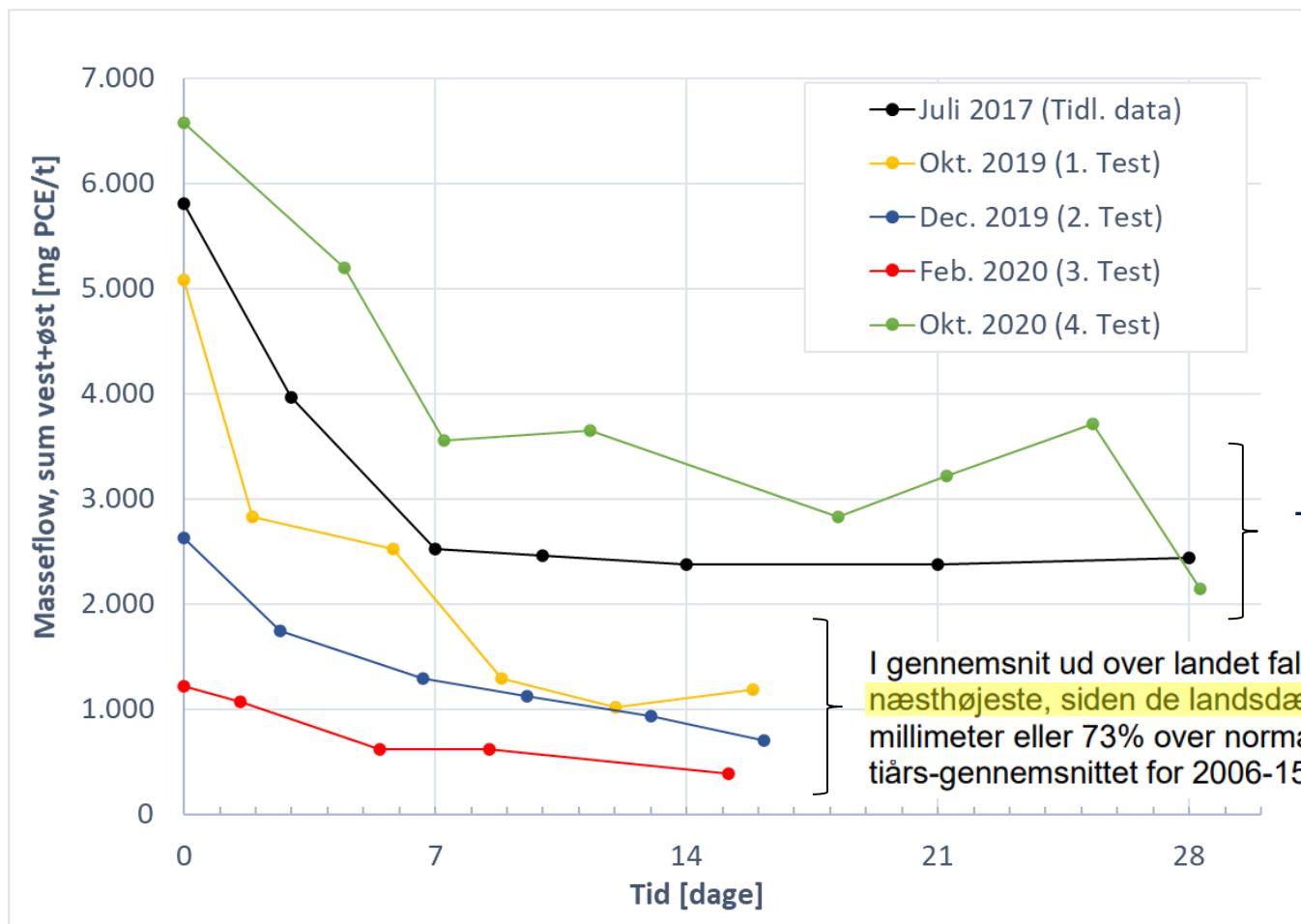
- Det arealvægtede gennemsnit (AV-gns.) er plottet imod dage siden sidste masseflowtest.
 - Der går mindst 200 dage, og måske længere, før koncentrationen under bygningen (på Innovationsgaragen) vil være i ligevægt med den tilhørende jordforurening -> der vil ikke ske yderligere diffusion.



Resultater fra langtids-masseflowtests

- Masseflow ved steady state er (på denne sag) afhængigt af nedbørsmængden:

- Våd periode -> lavere masseflow
Vandet vil "lukke af" for afgivelsen af forureningsmasse fra matricen til poreluften.
- Tør periode -> højere masseflow
Mere forureningsmasse afgives fra matricen.

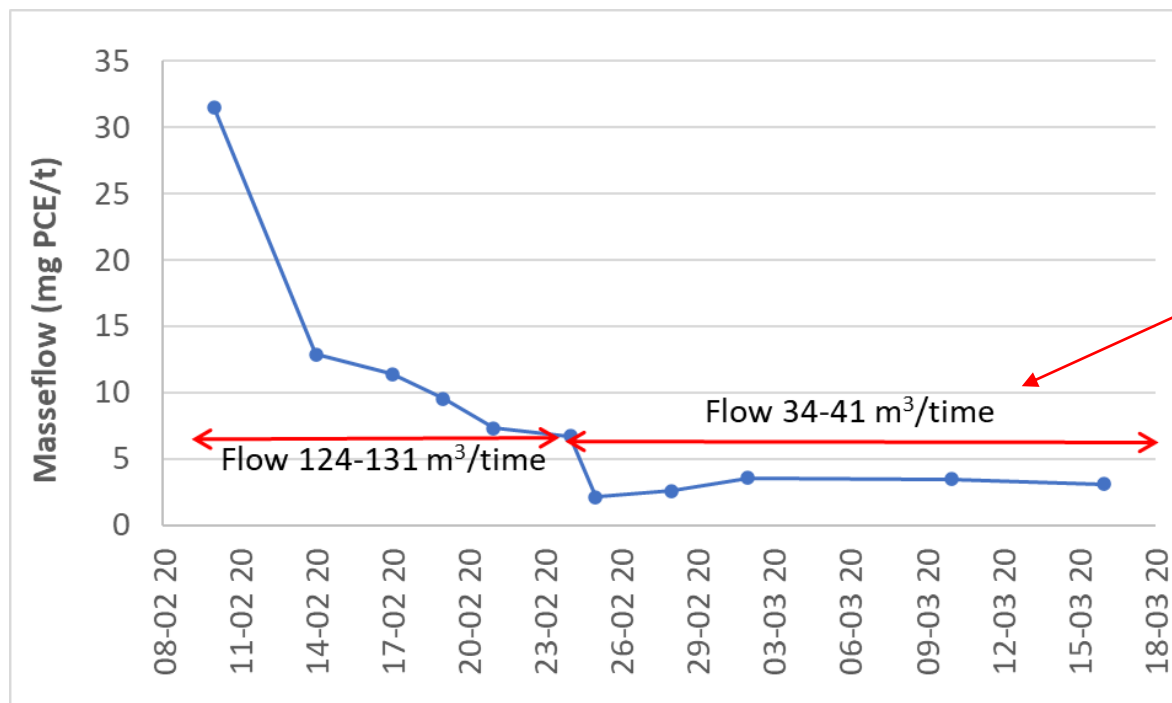


Tager det altid så lang tid ???



En anden lokalitet

På en anden lokalitet udføres en masseflowtest som en del af en indeluftundersøgelse og som forberedelse til afværge.

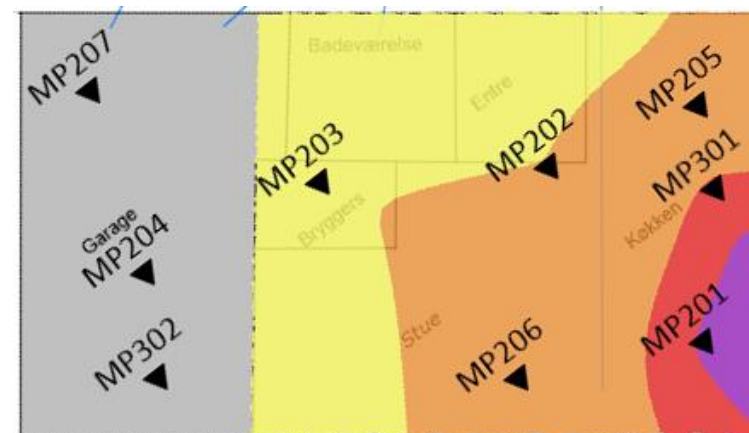


Indledende

- okt. 2018 og dec. 2019

AV-gns.: $2.100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

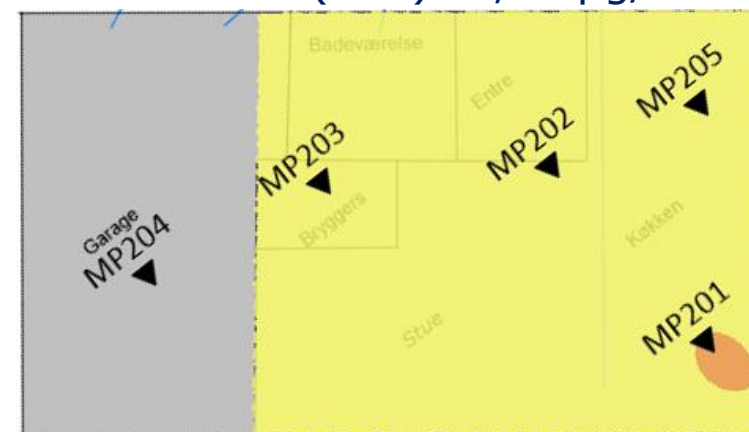
Gns. indeluft (PCE): $40\text{--}52 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Masseflowtest - Mar. 2020

AV-gns.: $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Gns. indeluft (PCE): $0,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$



En anden lokalitet

Ventilationstest - Mar. 2020

AV-gns.: $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$

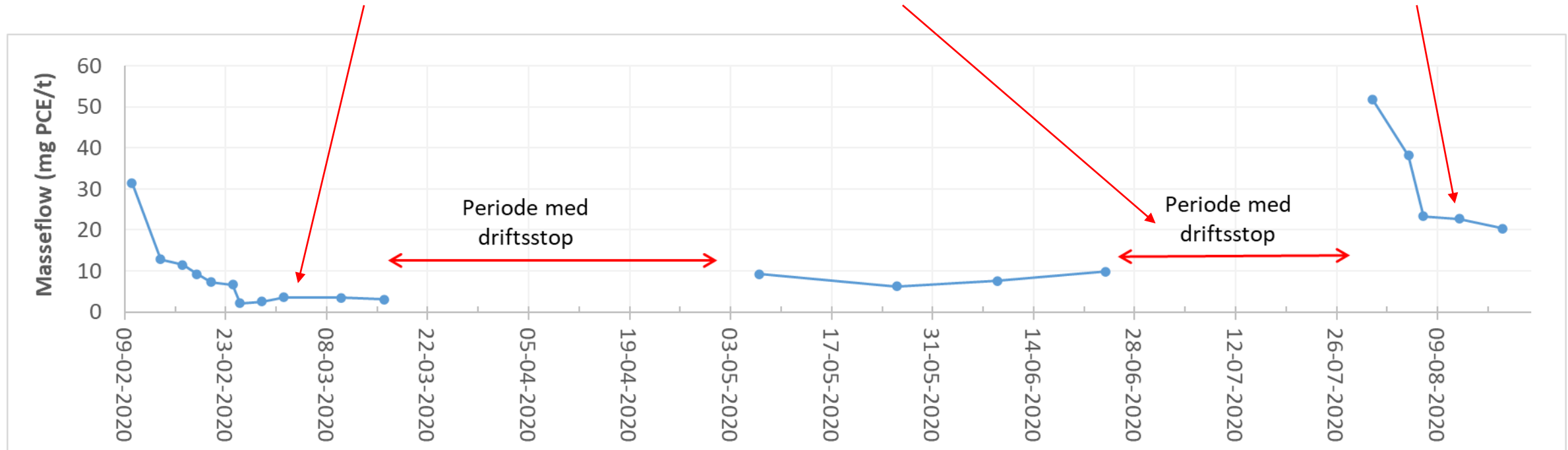
Gns. indeluft (PCE): $0,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Driftstop - jul. 2020

Gns. indeluft (PCE): $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Ventilation - aug. 2020

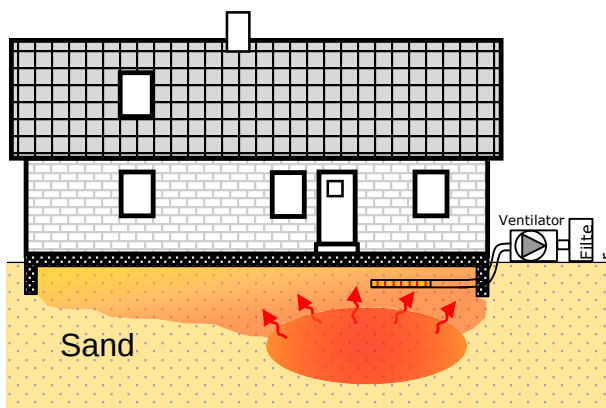
Gns. indeluft (PCE): $0,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$



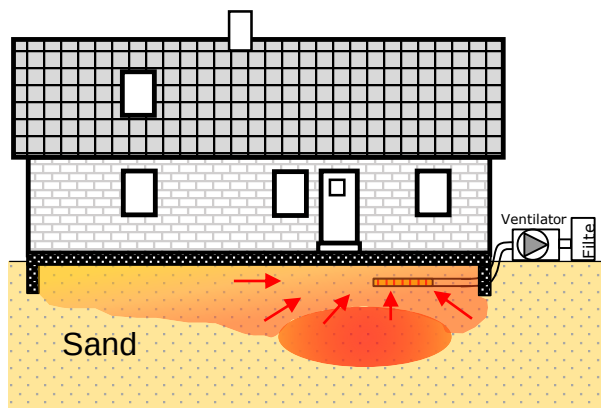
- Få dage efter driftsstop er indeluftkoncentration tilbage ved udgangspunktet.

Konceptuel forståelse – Sand (anden lokalitet)

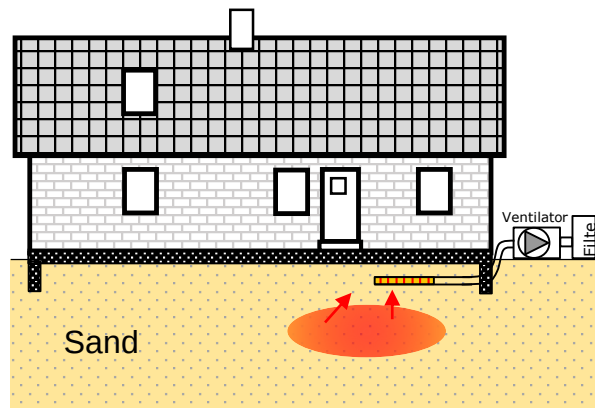
- Forskellen på de to (tre) meget forskellige fysiske systemer er simplificeret i konceptuelle modeller.
- Sand (lav diffusionsbegrænsning):
 - Stor ophobet masse (i poreluft) -> hurtig tilbagediffusion (rebound)



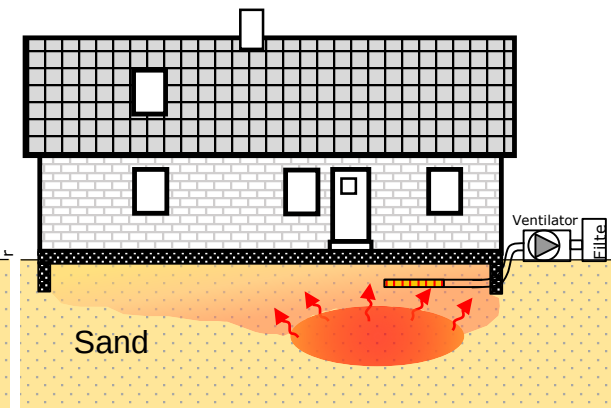
Før



Under



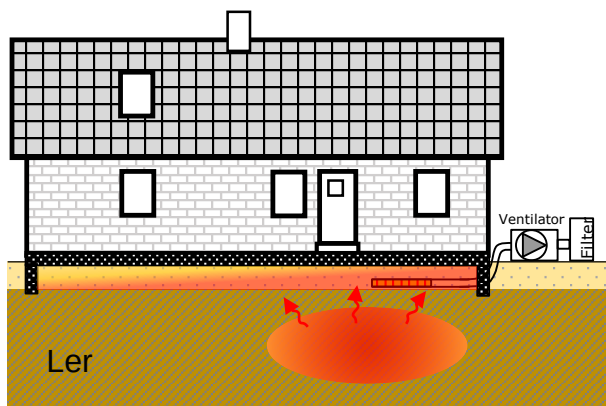
Steady state/
Ligevægt



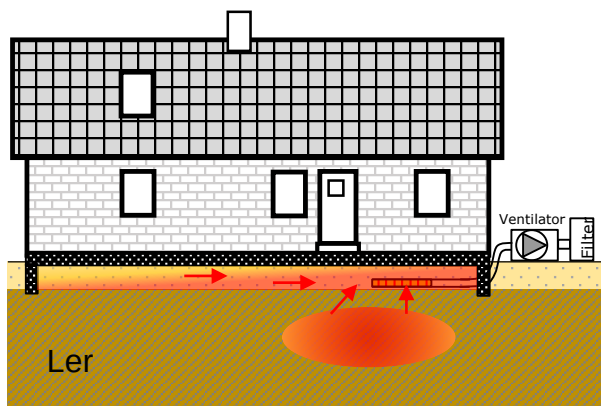
Efter

Konceptuel forståelse – Ler (Innovationsgaragen)

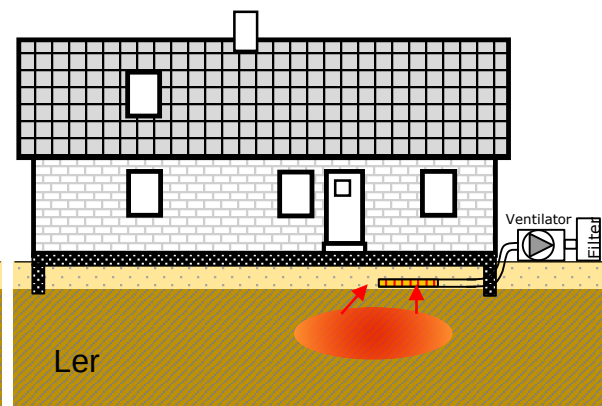
- Forskellen på de to (tre) meget forskellige fysiske systemer er simplificeret i konceptuelle modeller.
- Ler (diffusionsbegrænset):
 - Lille ophobet masse (i poreluft) -> langsom tilbagediffusion (rebound)



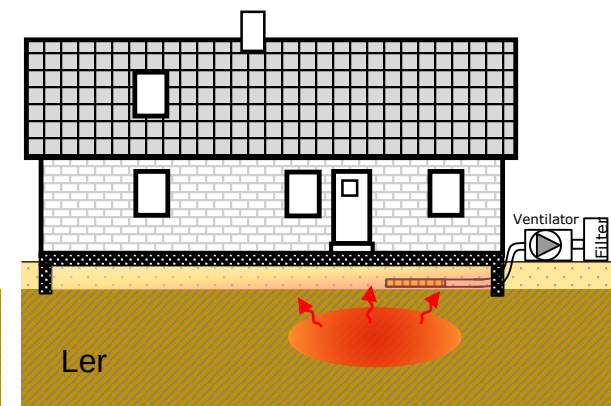
Før



Under



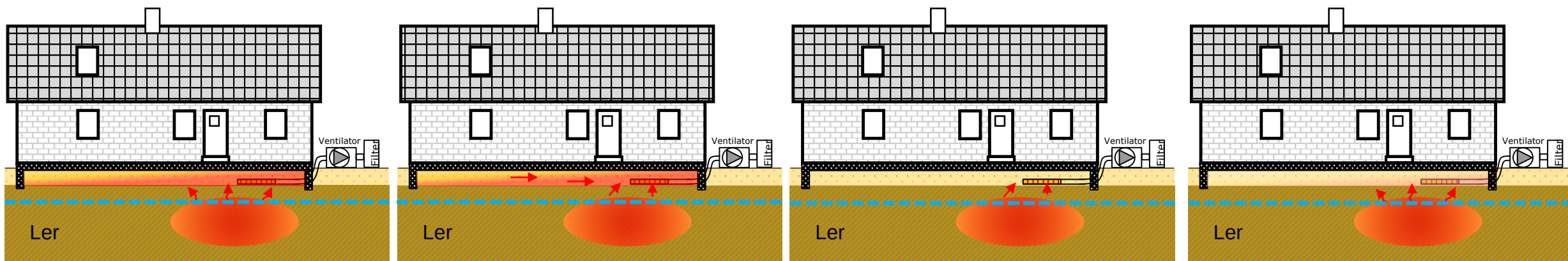
Steady state/
Ligevægt



Efter

Konceptuel forståelse – Våd ler (Innovationsgaragen)

- Forskellen på de to (tre) meget forskellige fysiske systemer er simplificeret i konceptuelle modeller.
 - De foreløbige undersøgelser tyder på, at der er en yderligere begrænsning i den diffusionsstyrede påvirkning af poreluften i våde perioder, da fugt i jorden hindrer frigivelsen af PCE til poreluften (endnu mere).
- Våd ler (ekstremt diffusionsbegrænset):
 - Lille ophobet masse (i poreluft) -> Meget langsom tilbagediffusion (rebound)



Før

Under

Steady state/
Ligevægt

Efter



- Den konceptuelle forståelse af om forureningstilførsel til poreluften under en bygning er diffusionsbegrænset eller ej, lader sig bedst/kun undersøge vha. en masseflowtest.
- MEN gennemføres undersøgelsesaktiviteterne ikke i den rigtige rækkefølge på en lokalitet med diffusionsbegrænset forureningsfrigivelse vil man i værste fald komme til at lave forfejlede vurderinger.

Take home messages

- Masseflowtesten er en meget aggressiv testmetode som i høj grad ændrer forureningsforholdene under en bygning hvilket afspejles i indeluftkoncentrationerne.
- Tilbagediffusionen for ophobet poreluft er afhængig af geologi.
 - Lav diffusionsbegrænsning (sand) – hurtig rebound -> dage/uger
 - Høj diffusionsbegrænsning (ler) – langsom rebound -> måneder/år
- Vand/fugt i formationen kan ændre poreluftaftrykket og tilbagediffusionen væsentligt.
- Forvent ikke at du kan lave en retvisende poreluft- eller indeluftundersøgelse i en periode efter en masseflowtest.