

Marts 2011



# Sporing af indtrængningsveje

ATV Jord & Grundvand, temadag 2011

Jesper Bruun Petersen

**NIRAS**

---

# Sporing af indtrængningsveje

Vingsted temadag, marts 2011

---

## Oversigt

1. Introduktion (3)
2. Hvad er thoron? (5-8)
  - Forekomst & egenskaber
  - Indtrængning
  - Projektet
3. Lokalteter (10-21)
  - Aarhus
  - Spøttrup
4. Sammenfatning (23-26)
  - Delundersøgelse 1
  - Delundersøgelse 2
  - Delundersøgelse 3
  - Konklusion

<p><b>Oversigt</b></p> <p>Introduktion Hvad er thoron Lokalteter Sammenfatning</p>
--

---

# Introduktion

---

- Ved lokalisering af indtrængning af forurenede poreluft til indeklima, anvendes forskellige metoder, eks.:
  - Sporgas injektion
  - ppbRAE målinger
  - Termografi
- "Radon er en god sporgas for identifikation af jordluftindtrængning" (*Radon i danske boliger 2001, Radon-95 1997*)
- Thoron (isotop af radon):  
ny metode, naturlig tracergas, eksisterer overalt
- Formål:
  - Kan thoronmålinger benyttes til identifikation af advektive spredningsveje for flygtig forurening fra poreluft til indeklima?

Oversigt

**Introduktion**  
Hvad er thoron  
Lokaliteter  
Sammenfatning





## Hvad er thoron?

- ▶ Forekomst & egenskaber
- ▶ Indtrængning
- ▶ Projektet

# Hvad er thoron?

## Forekomst & egenskaber



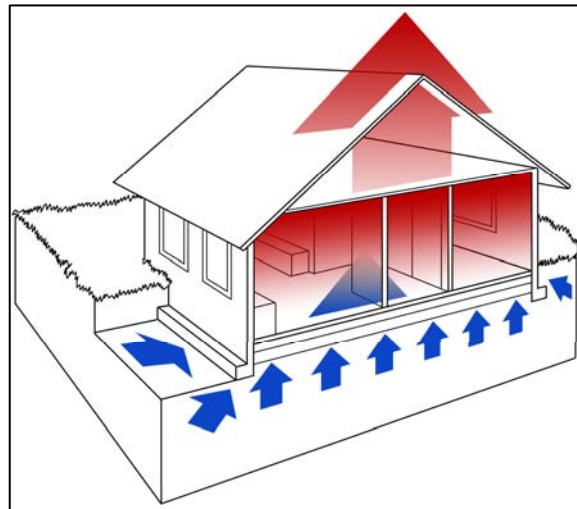
- Naturligt forekommende
- Thoron er et produkt af thorium ( $^{232}\text{Th}$ )
- Thorium findes i alle jordarter i en koncentration på ca. 14 ppm
- Thoron er en isotop af radon ( $^{222}\text{Rn}$ )
  
- Thoron er radioaktivt (ligesom radon)
- Thoron er en ædelgas
  
- Thoron betegnes:  $^{220}\text{Rn}$
- $^{220}\text{Rn}$  har en halveringstid ( $T_{1/2}$ ) på 56 sekunder.
  
- Thoron henfalder ved udsendelse af  $\alpha$ -stråling
- Thoron indgår meget sjældent i kemiske reaktioner med andre stoffer (fordi det er en ædelgas)

Oversigt

Introduktion  
**Hvad er thoron**  
 Lokalteter  
 Sammenfatning

# Hvad er thoron?

## Indtrængning



### Indtrængning:

Bl.a. termisk opdrift giver anledning til relativt indendørs undertryk, som driver koldere luft ind (skorstens-effekt).

Giver anledning til opadrettet flow af poreluft i jorden under boligen, og dermed trykdreven transport til indeklima.

#### Oversigt

Introduktion  
**Hvad er thoron**  
Lokaliteter  
Sammenfatning

---

# Hvad er thoron?

## Projektet

---

Indtrængning af thoron er afhængig af følgende faktorer:

- Mængden der dannes i jorden
- Jordens transportegenskaber
- Konstruktionens gennemtrængelighed
- Størrelsen af drivkraften (voldsom tidslig variation)

Thoronmålinger er følsomme overfor drivkraftens størrelse.

Konvektiv indtrængning af poreluft er varierende som følge af fluktuerende trykforhold, og kan således give anledning til aktive / inaktive indtrængningspunkter (ved positive og negative  $\Delta p$ ).

Oversigt

Introduktion  
**Hvad er thoron**  
Lokaliteter  
Sammenfatning

# Hvad er thoron?

Projektet

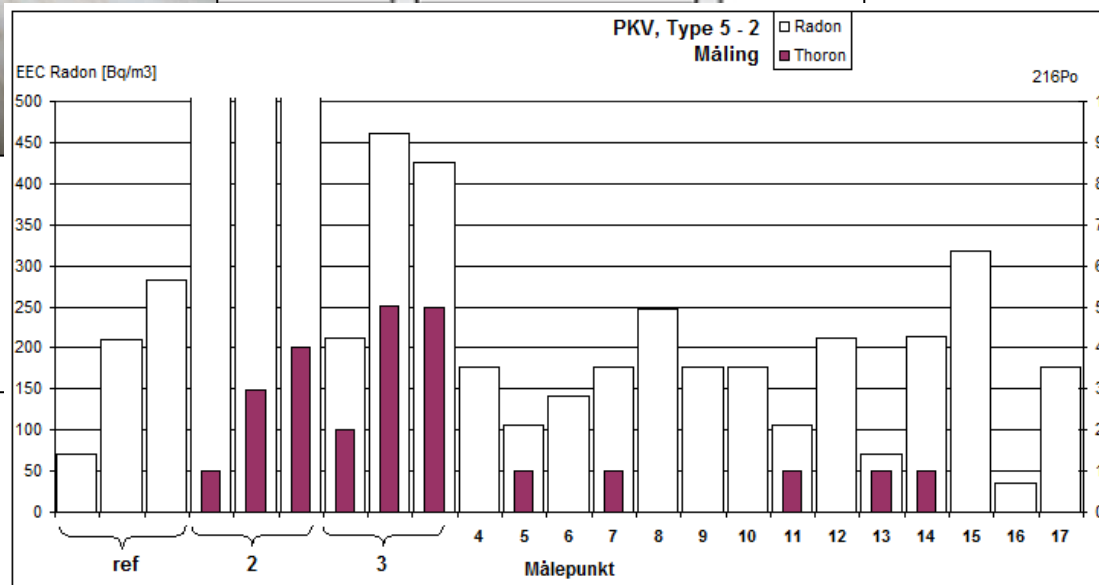
Delundersøgelse 1 + 2:

**Metodeudvikling**

Delundersøgelse 3:

**Verificering**

Metoden ny i Danmark



**Oversigt**

- Introduktion
- Hvad er thoron**
- Lokaliteter
- Sammenfatning





## Lokaliteter

- ▶ Aarhus
- ▶ Spøttrup

# Lokaliteter

Aarhus

Frederiksbjerg Torv, Aarhus

Introduktion:

- Byggeteknisk gennemgang
- Thoronmålinger (21 målepunkter)
- Termografi
- ppbRAE målinger (32 målepunkter)
- Kontinuerlig  $\Delta p$  måling
- "Normalt" trykforhold: 0,6 Pa undertryk
- Forceret trykforhold: 4 og 20 Pa undertryk
- Sporgas ikke benyttet på denne lokalitet



Oversigt

Introduktion  
Hvad er thoron  
**Lokaliteter**  
Sammenfatning

# Lokaliteter

Aarhus

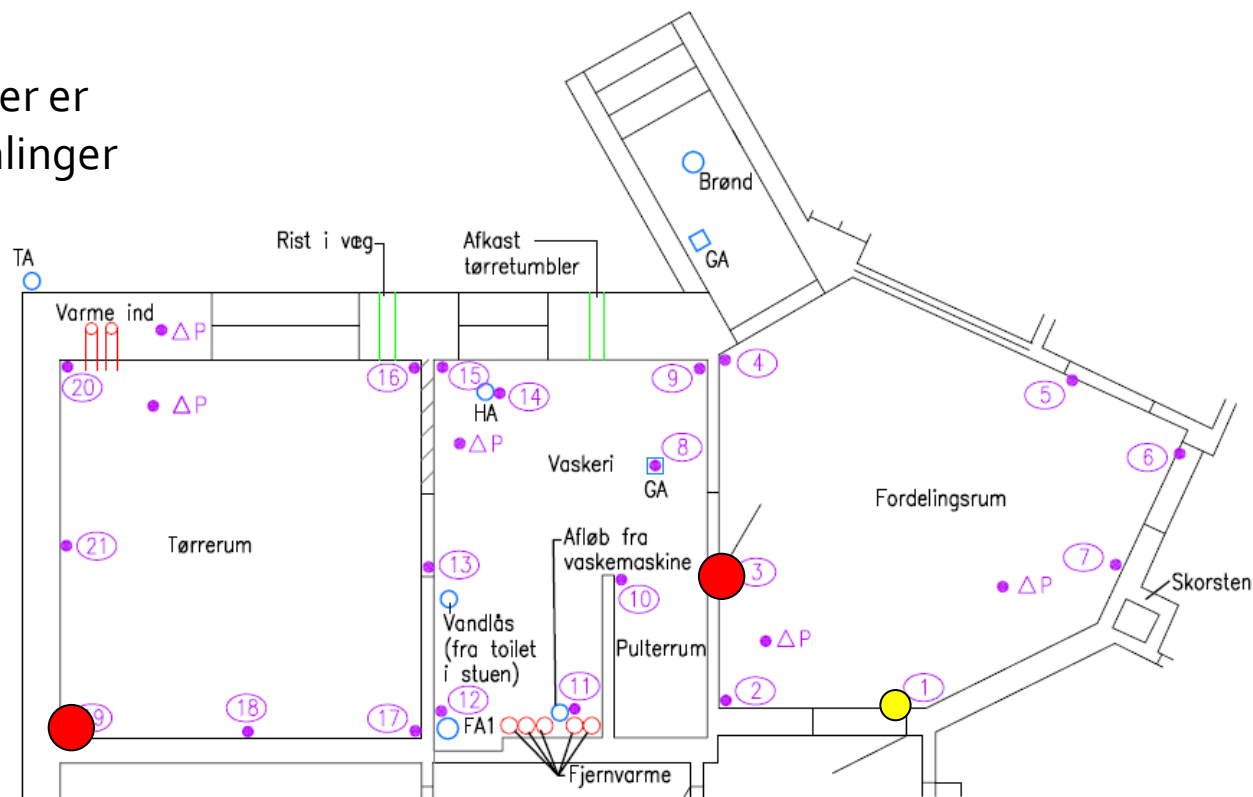
$\Delta p = 0,6 \text{ Pa}$

Generelt højt baggrundsniveau for ppbRAE.

NB: Der vises kun målepunkter hvor der er foretaget thoronmålinger

- Thoron
- +/- ppbRAE
- 

Oversigt
Introduktion
Hvad er thoron
<b>Lokaliteter</b>
Sammenfatning



# Lokaliteter

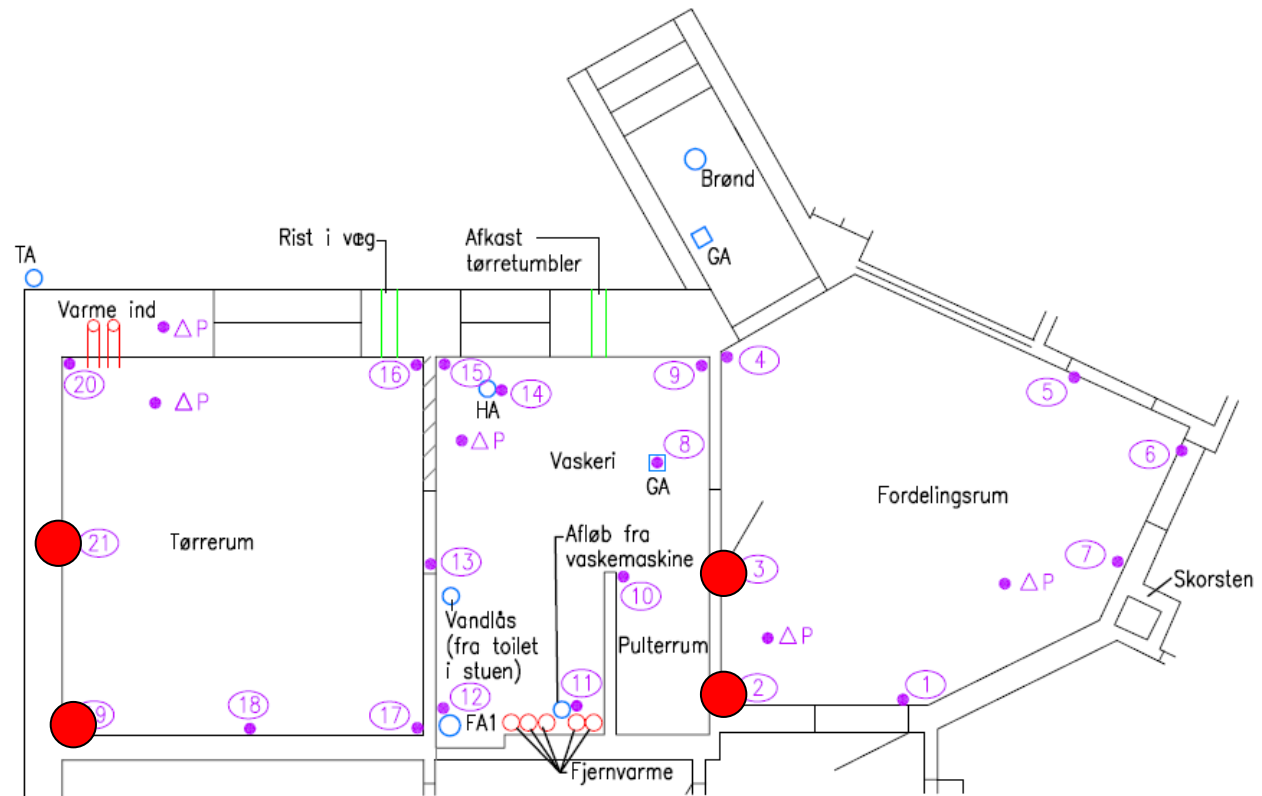
Aarhus

$\Delta p = 4 \text{ Pa}$

Generelt højere ppbRAE målinger i målepunkter.

- Thoron
- +/- ppbRAE
- 

Oversigt
Introduktion
Hvad er thoron
<b>Lokaliteter</b>
Sammenfatning

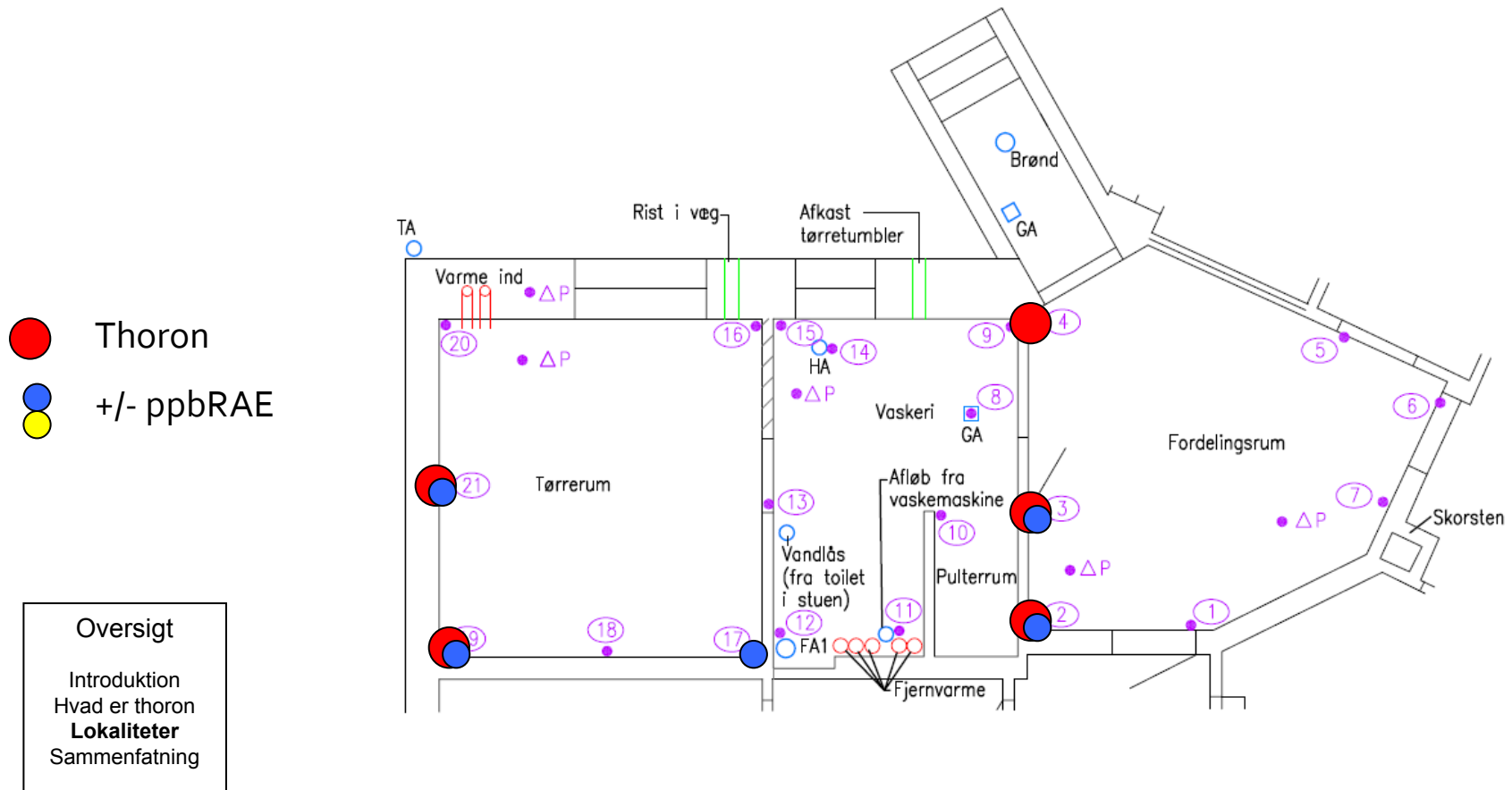


# Lokaliteter

Aarhus

$\Delta p = 20 \text{ Pa}$

Fald i ppbRAE målinger i målepunkter ([stigning](#))



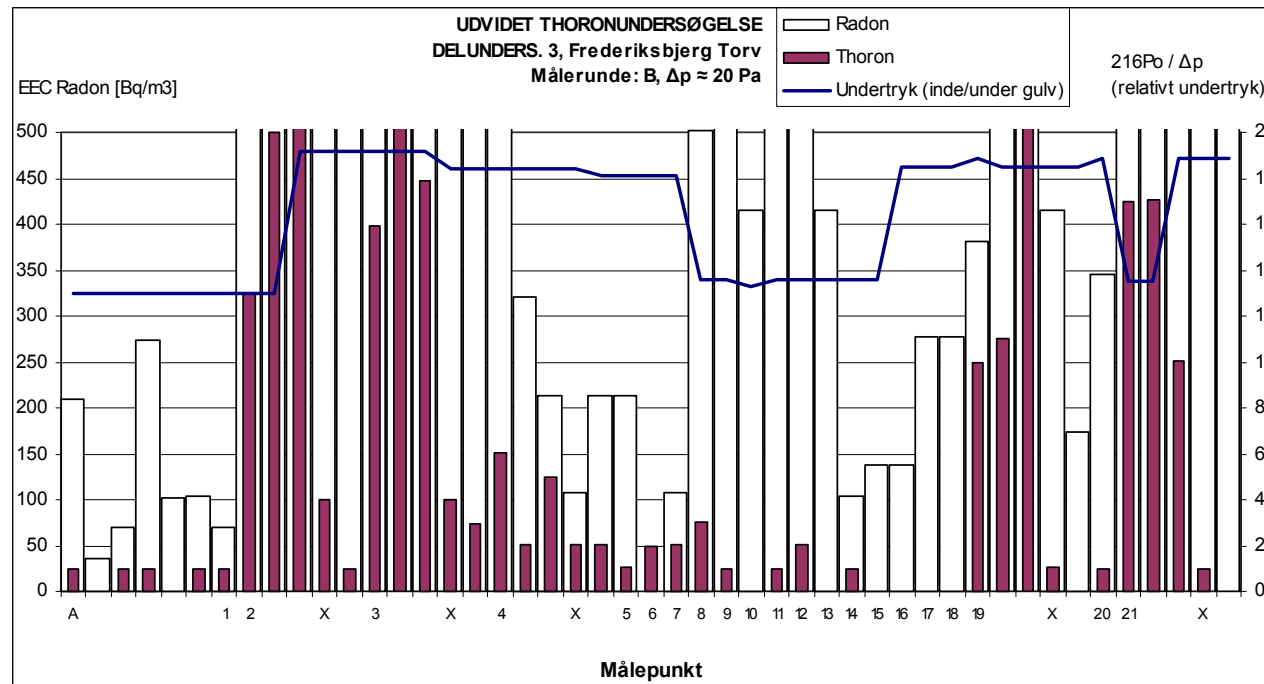
Mest markante ppbRAE målinger: MP 2, 3, 19, 21.



# Lokaliteter

Aarhus

Større undertryk = større indtrængning:



## Oversigt

Introduktion  
Hvad er thoron  
**Lokaliteter**  
Sammenfatning

---

# Lokaliteter

Aarhus

---

Frederiksbjerg Torv, Aarhus

Konklusion:

- Thoronmålinger - primært ved MP 2, 3, 19, 21.
- Termografi -  $\Delta t$  for lav, kan ikke benyttes.
- ppbRAE målinger - primært ved MP 2, 3, 19, 21.  
Dog generelt svært at tolke - høje baggrundsniveauer.
  
- Overvældende overensstemmelse med ppbRAE  
(MP 2, 3, 19, 21 som mest markante indtrængningspunkter).
  
- $\Delta p$  måling essentiel.

Oversigt

Introduktion  
Hvad er thoron  
**Lokaliteter**  
Sammenfatning

---

# Lokaliteter

Spøttrup

---

Østergade, Spøttrup

Introduktion:

- Byggeteknisk gennemgang
- Thoronmålinger (26 målepunkter)
- Termografi
- ppbRAE målinger (39 målepunkter)
- Kontinuerlig  $\Delta p$  måling
- "Normalt" trykforhold: 0,0 Pa undertryk
- Forceret trykforhold: 5 og 20 Pa undertryk
- Sporgas måling ved injicering i 2 punkter (normalt trykforhold)

Oversigt

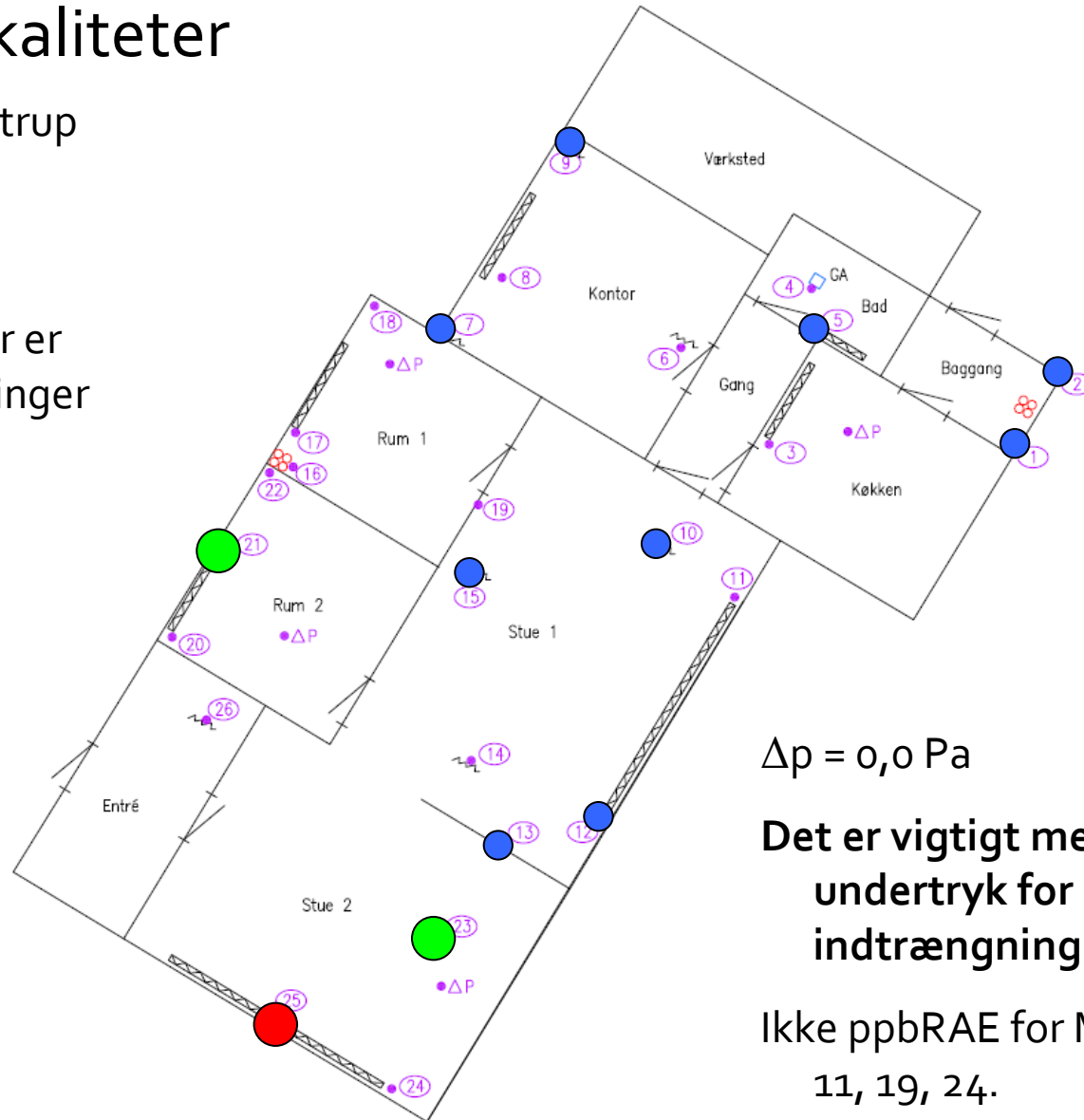
Introduktion  
Hvad er thoron  
**Lokaliteter**  
Sammenfatning

# Lokaliteter

Spøttrup

NB: Der vises kun målepunkter hvor der er foretaget thoronmålinger

- Sporgas
- Thoron
- +/- ppbRAE



$\Delta p = 0,0 \text{ Pa}$

**Det er vigtigt med et lille undertryk for at måle indtrængning.**

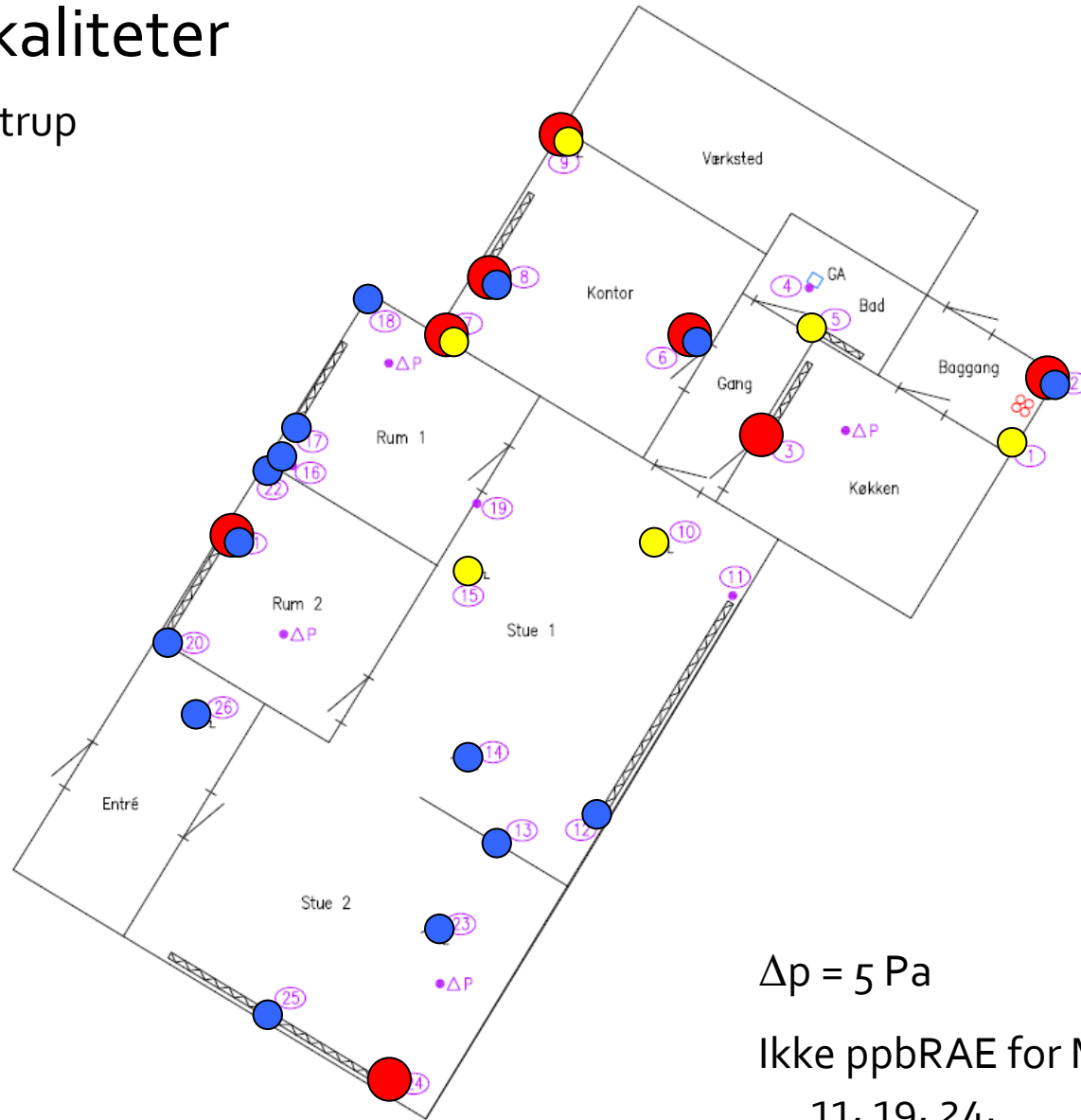
Ikke ppbRAE for MP 3, 4, 11, 19, 24.

Oversigt
Introduktion
Hvad er thoron
<b>Lokaliteter</b>
Sammenfatning

# Lokaliteter

## Spøttrup

- Sporgas
- Thoron
- +/- ppbRAE



Oversigt
Introduktion
Hvad er thoron
<b>Lokaliteter</b>
Sammenfatning

$\Delta p = 5 \text{ Pa}$

Ikke ppbRAE for MP 3, 4, 11, 19, 24.

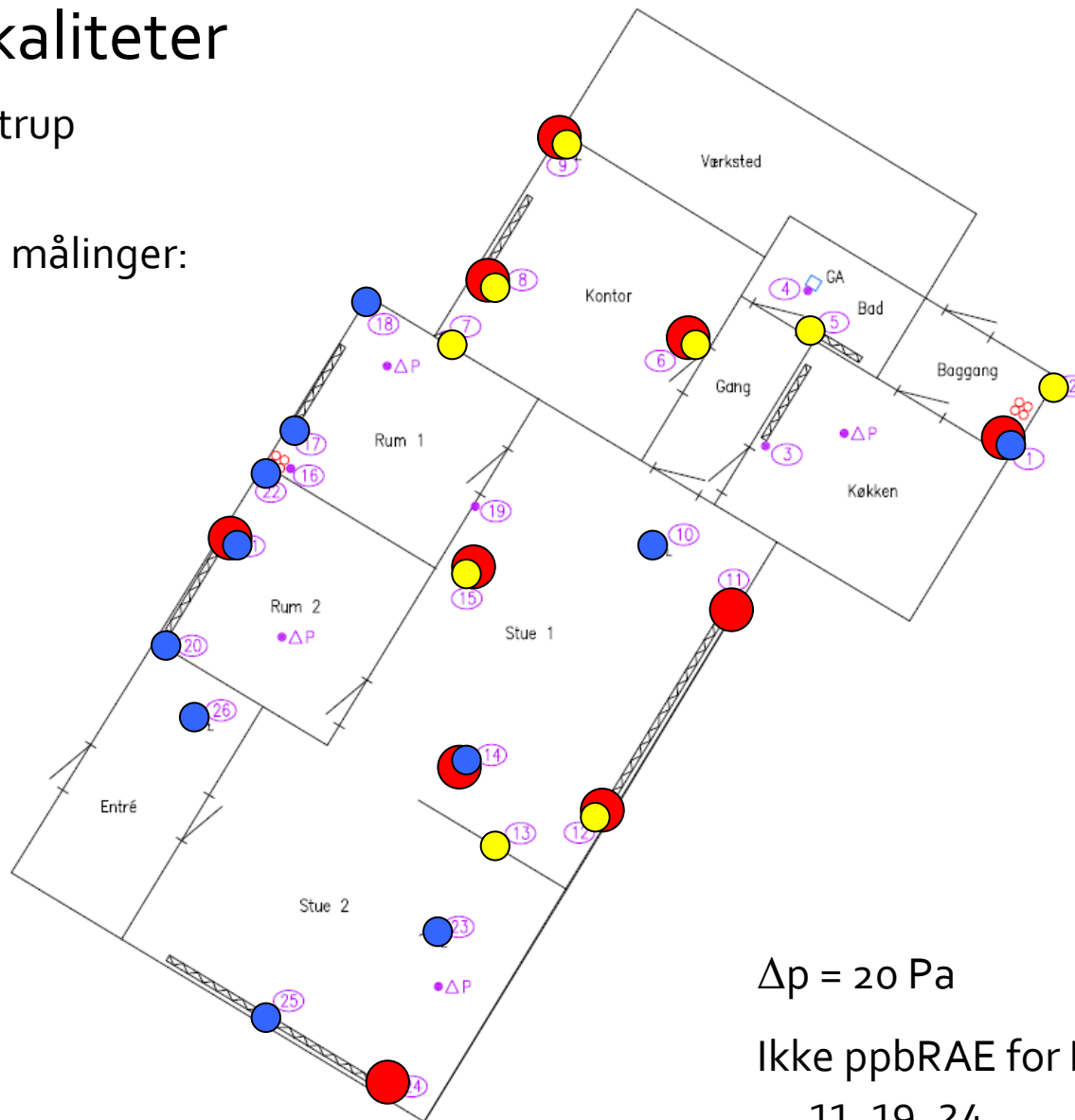


# Lokaliteter

Spøttrup

Mest markante ppbRAE målinger:  
MP 17, 21, 23

- Sporgas
- Thoron
- +/- ppbRAE



$\Delta p = 20 \text{ Pa}$

Ikke ppbRAE for MP 3, 4, 11, 19, 24.

Oversigt
Introduktion
Hvad er thoron
<b>Lokaliteter</b>
Sammenfatning

---

# Lokaliteter

Spøttrup

---

Østergade, Spøttrup

Konklusion:

- Thoronmålinger - primært ved MP 8, 9, 21, 24.  
Indtrængning ses ved utætheder i konstruktionen samt rørgennemføringer. Varierende målinger.  
Gulv meget utæt - indflydelse på  $\Delta p$ .  $\Delta p$  måling essentiel.
- Termografi viser kun indtrængning ved vinduer og loft;  
 $\Delta t$  for lav, kan ikke benyttes.
- ppbRAE målinger - primært ved MP 17, 21, 23.  
Dog generelt svært at tolke - varierende målinger.
- Sporgas - kun udslag i nærheden af injektionspunkterne  
(ved MP 21, 23).
  
- Målingerne stemmer ikke overens med forventningerne.

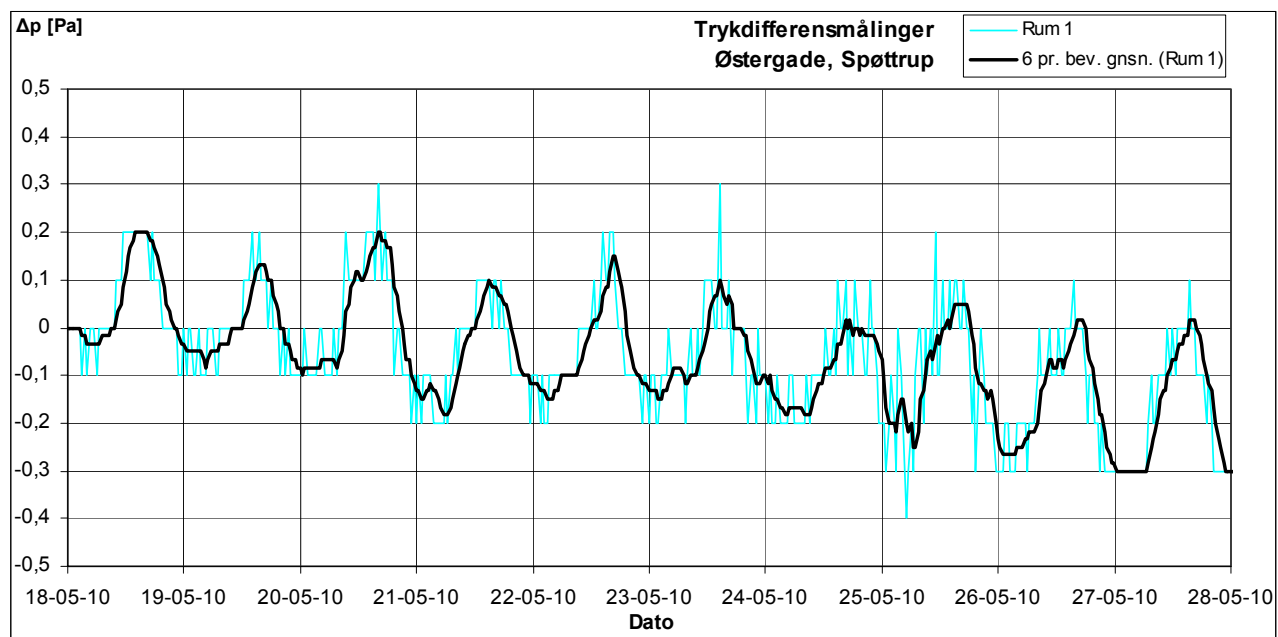
Oversigt

Introduktion  
Hvad er thoron  
**Lokaliteter**  
Sammenfatning

# Lokaliteter

## Spøttrup

### Variationer i $\Delta p$ :



#### Oversigt

Introduktion  
Hvad er thoron  
**Lokaliteter**  
Sammenfatning



# Sammenfatning

- ▶ Delundersøgelse 1
- ▶ Omstændighederne
- ▶ Delundersøgelse 2
- ▶ Delundersøgelse 3

---

# Sammenfatning

## Delundersøgelse 1

---

17 lokaliteter, 0 gentagelser:

- Typisk indtrængning ved rørgennemføringer i teknikskab / radiatorer, samt ved synlige skader på konstruktionen (huller/revner).
- Ofte indtrængning ved ikke-visuelle indtrængningspunkter, eks. samlinger langs gulv og vægge.
- Sjældent indtrængning ved afløb / vandlåse

Oversigt

Introduktion  
Hvad er thoron  
Lokaliteter  
**Sammenfatning**



---

# Sammenfatning

## Delundersøgelse 2

---

9 lokaliteter, 7 gentagelser:

- Indtrængningspunkter i de enkelte boliger er ofte varierende fra D1.
- Dog stadig typisk indtrængning ved rørgennemføringer i teknikskab / radiatorer, samt ved ydervægge.
- Generel sammenhæng mellem det overordnede radonniveau i boligen mellem de to målinger.

**$\Delta p$  forhold ukendt.**

Oversigt

Introduktion  
Hvad er thoron  
Lokaliteter  
**Sammenfatning**

---

# Sammenfatning

## Delundersøgelse 3

---

### 2 lokaliteter:

- Måling under kontrollerede og målte forhold  
 **$\Delta p$  forhold kendt!**
- Måling under tre trykforhold.
- Som regel forøget indtrængning ved forøget undertryk.
  
- Indtrængning ses ved utætheder i konstruktionen (såfremt de er synlige) samt rørgennemføringer.
  
- Varierende overensstemmelse mellem thoronmålinger og ppbRAE. Overraskende god sammenhæng på Aarhus lokaliteten.
- Termografi kan ikke benyttes til sporing af indtrængende poreluft.

Oversigt

Introduktion  
Hvad er thoron  
Lokaliteter  
**Sammenfatning**

---

# Sammenfatning

## Konklusion

---

### Konklusion:

- Thoronmålinger kan udføres samtidig med byggeteknisk gennemgang, og tager ca. 3 timer.
- Svagt undertryk (som ved normale omstændigheder) tilstrækkeligt til målbar indtrængning. Blowerdoor kan give anledning til registrering af mindre/inaktive indtrængningspunkter (flere indtrængningspunkter ved større undertryk).
- Som regel forøget indtrængning ved forøget undertryk.
- $\Delta p$  varierer fra rum til rum.
- $\Delta p$  målinger kan udføres som simple øjebliksmålinger.
- $\Delta p$  målinger bør overvejes i forbindelse med udførelse af indeklimamålinger.

Oversigt

Introduktion  
Hvad er thoron  
Lokaliteter  
**Sammenfatning**