

# Erfaring fra termisk tiltak i Danmark

Pernille Palstrøm



# Agenda



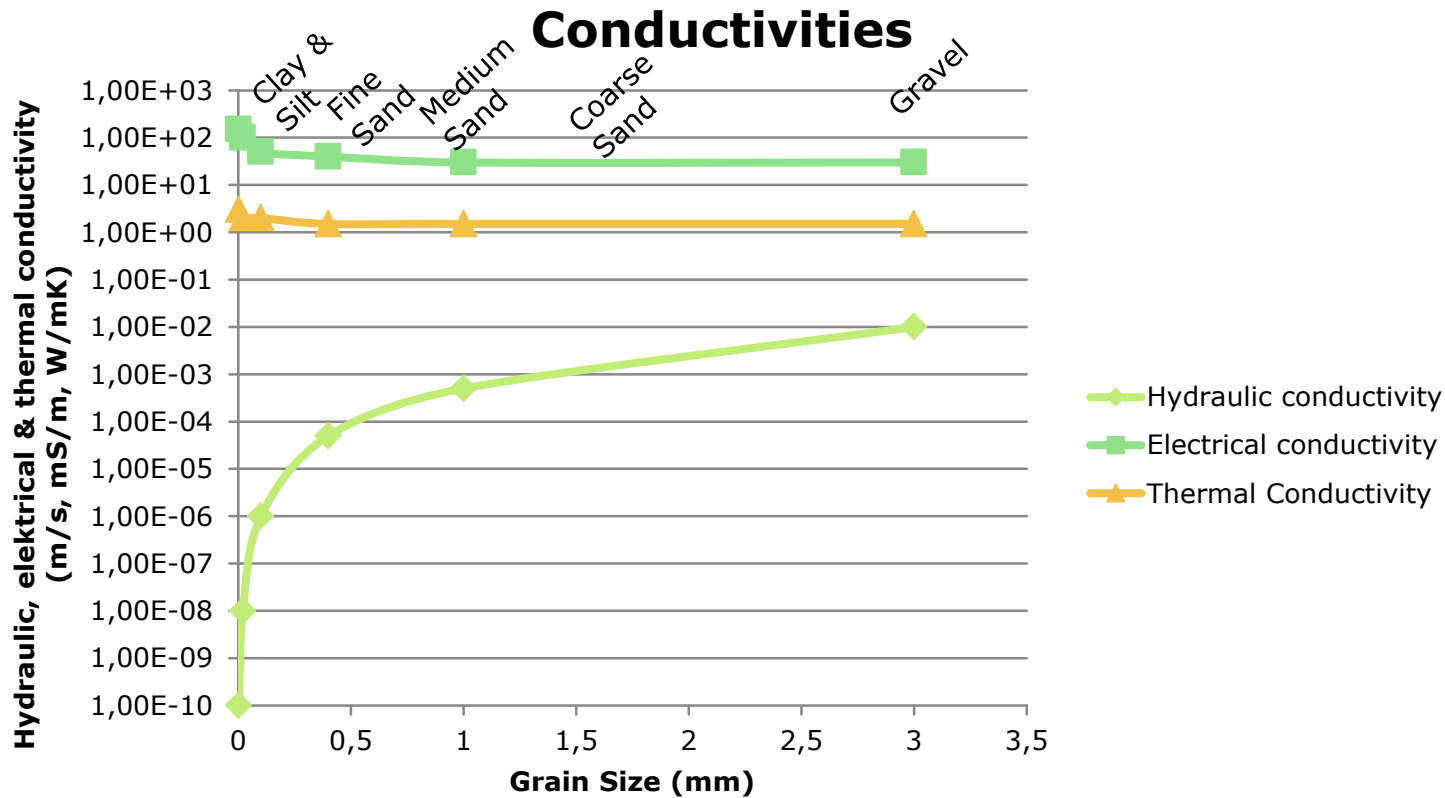
- Hvorfor virker termisk oprensning?
- Hvilke termiske teknikker er anvendt?
- Hvornår kan de forskellige teknikker anvendes?
- Geotekniske forhold
- Reduktion af forureningsindhold i indeklima
- Oprensningseffekt
- Økonomi

# Hvad mener jeg med termisk oprensning?

- En oprensningsmetode hvor jorden tilføres energi, så mobiliteten af forureningen øges, så den kan fjernes ved oppumpning af gas/væske eller fri fase



# Hvorfor virker termisk oprensning?



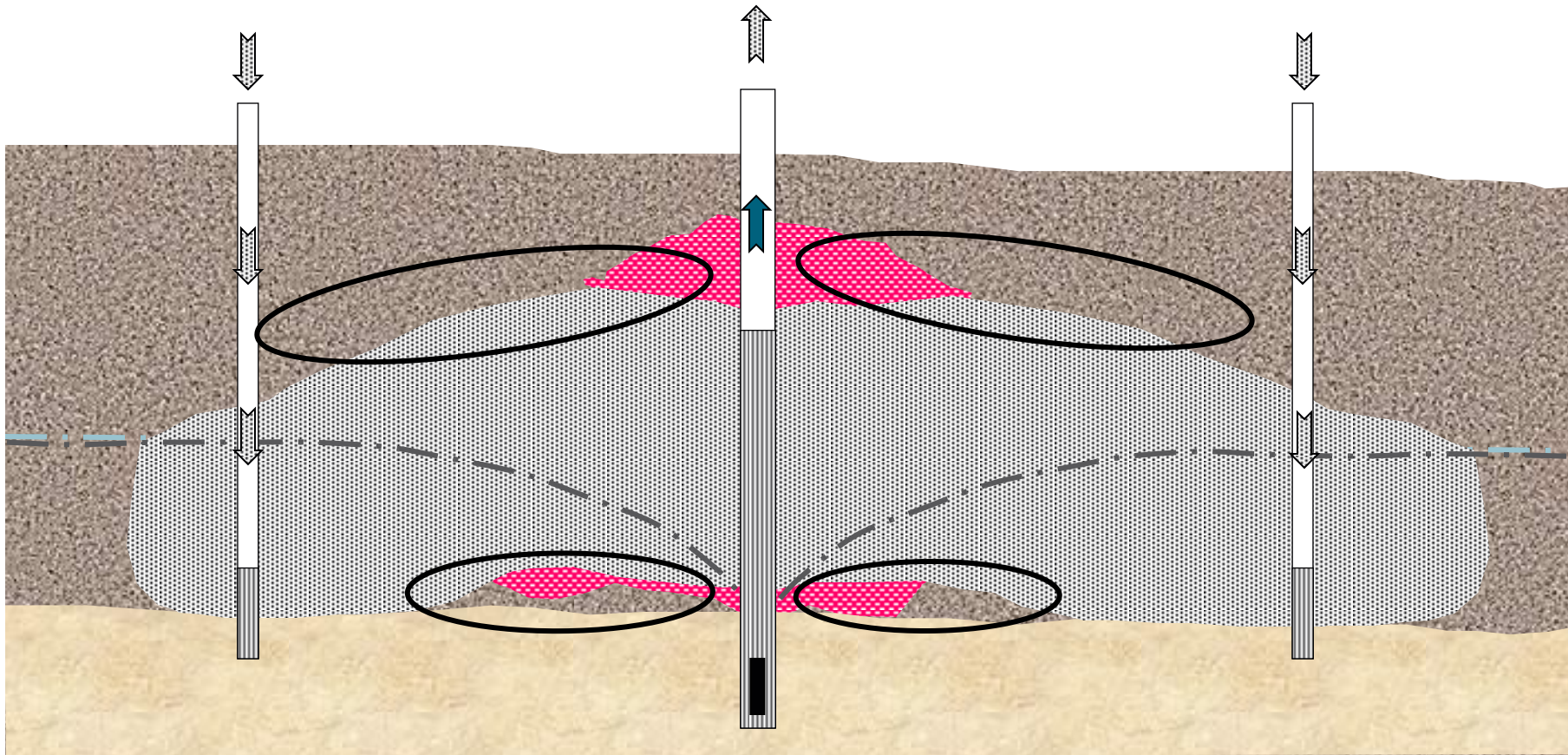
# Anvendte termiske teknikker

- Direkte energi injektion (damp, damp/luft, varmt vand, varm luft), typisk  $T$  omkring  $100^{\circ}\text{C}$ , primært styret af permeabilitet i jorden
- Direkte elektrisk opvarmning, (ERH), typisk  $T \leq 100^{\circ}\text{C}$ , styret af elektrisk ledningsevne
- Radiobølger/mikrobølger (RFH), styret af jordens permittivitet (primært vandindholdet), typisk  $T$  omkring  $100^{\circ}\text{C}$
- Varmeledningsteknikker (ISTD, NSR) elektrisk eller gasdrevet, typisk  $T \leq 600^{\circ}\text{C}$





# SSE - Dampstripning

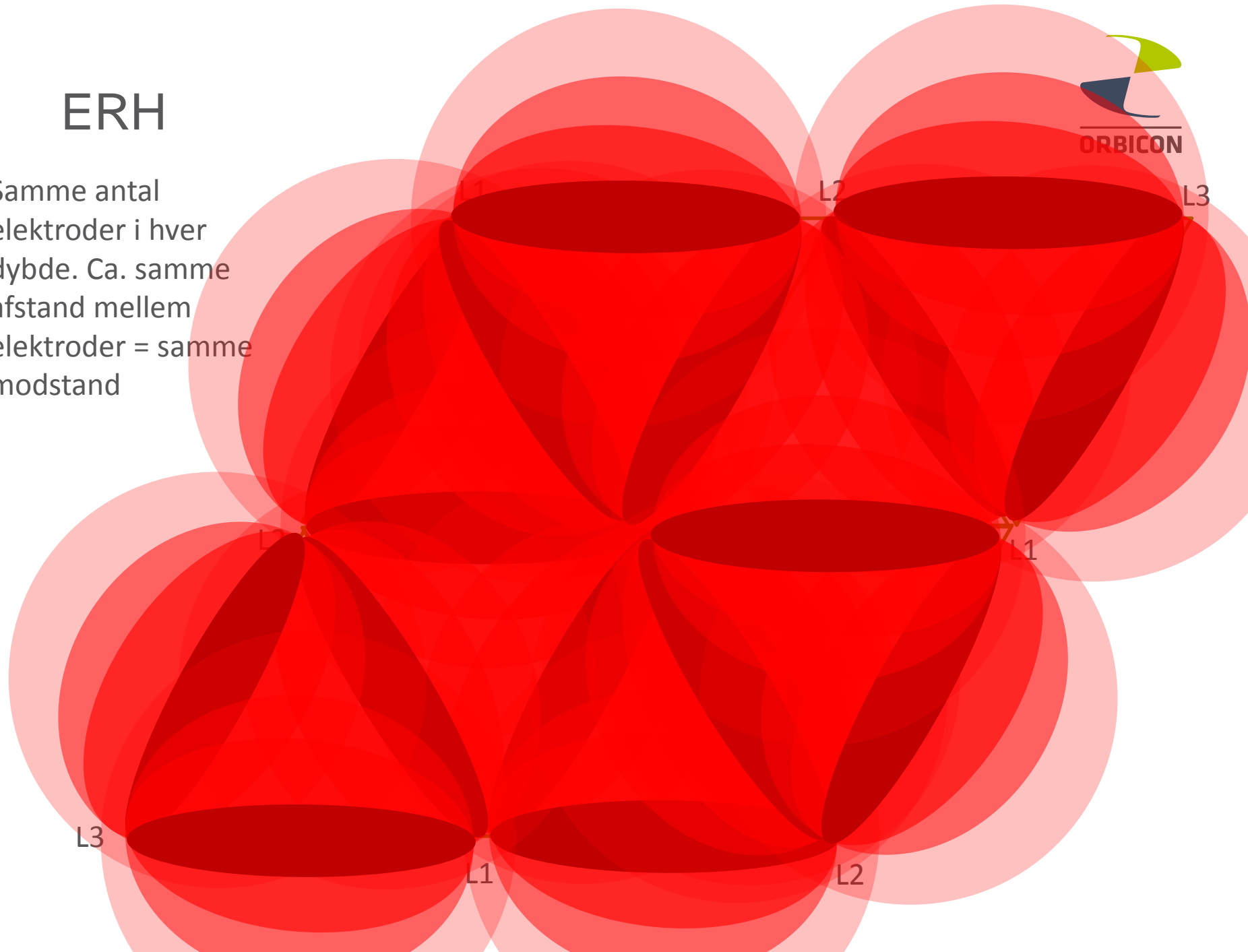




ORBICON

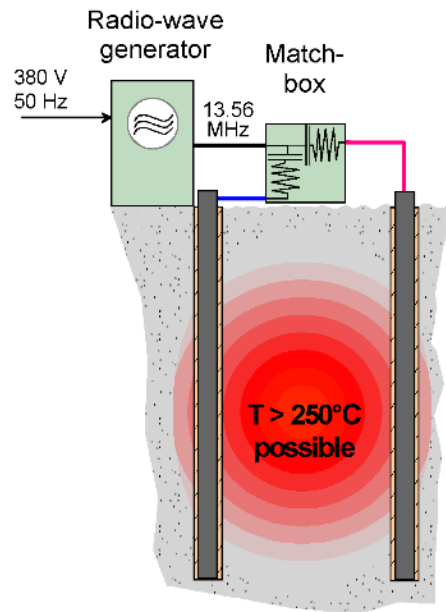
# ERH

Samme antal elektroder i hver dybde. Ca. samme afstand mellem elektroder = samme modstand



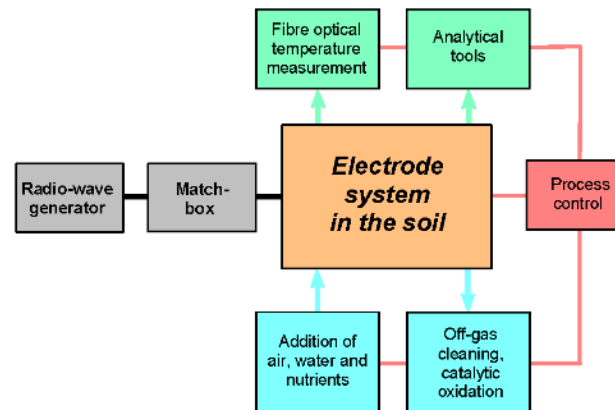
## Methods available for in situ soil heating (II)

### Dielectric soil heating



- Direct heat generation in the soil volume
- High flexibility (temperature programmes)
- Can be applied for dry and humid, sandy and tenaceous materials, e.g. soils

Scheme of an arrangement of radio-wave soil heating

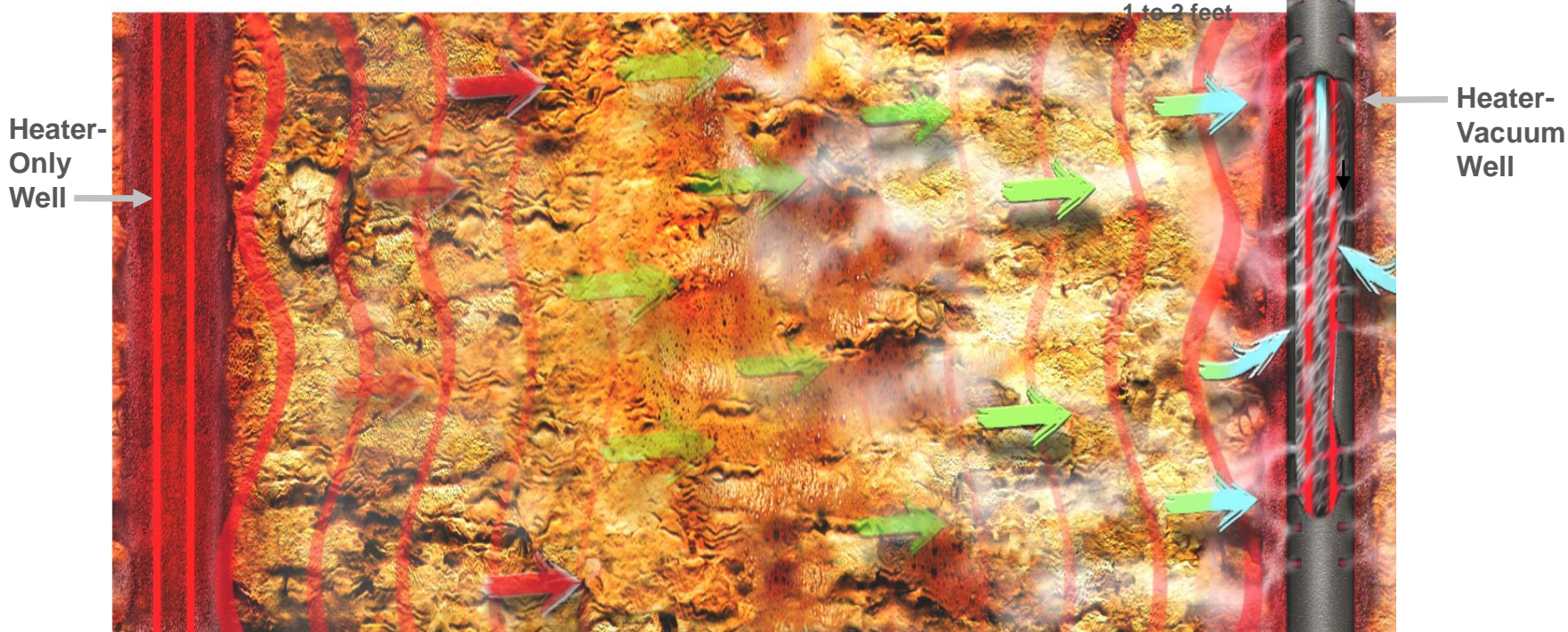
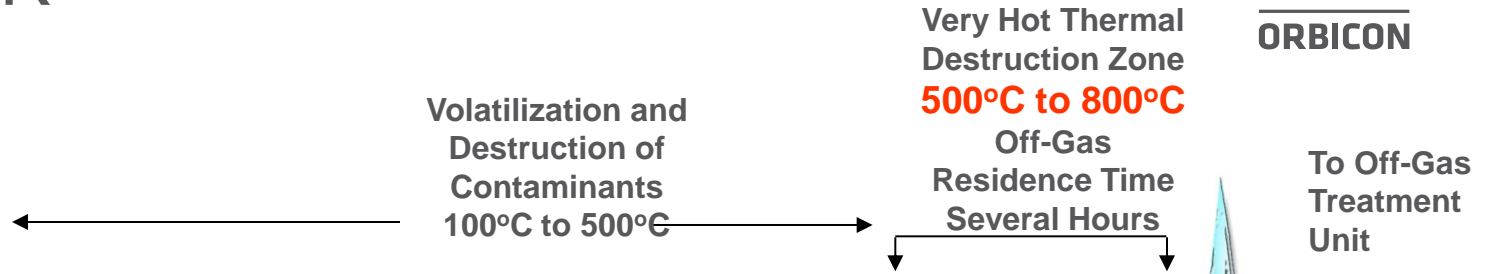


### Applied electrode geometries

- Parallel plate or net-shaped electrodes
- Arrays of rod-like electrodes (optional: also used as extraction wells)
- Radio-wave antennas



# ISTD / NSR



# Hvor meget krudt til rådighed

- Damp (meget afhængig af permeabilitet), typisk i størrelsen 10-100 kW/m filter, energieffektivitet ca. 90 %
- ERH typisk 1-5 kW/m elektrode, energieffektivitet ca. 100 %
- RFH typisk 10 kW/m antenne, energieffektivitet 50-85 %
- ISTD-el, 1-2 kW/m filter, energieffektivitet ca. 100 %
- ISTD-gas 2-3 kW/m filter, energieffektivitet ca. 70-85 %



# Hvornår kan de forskellige metoder anvendes?

- Damp er den bedste løsning i permeable materialer
- ERH er uflexibelt i design, billig i energi
- ISTD er flexibel i design og oprensningsfasen, dyrere i energi
- Største udfordring er tilstrømmende vand pga. køling



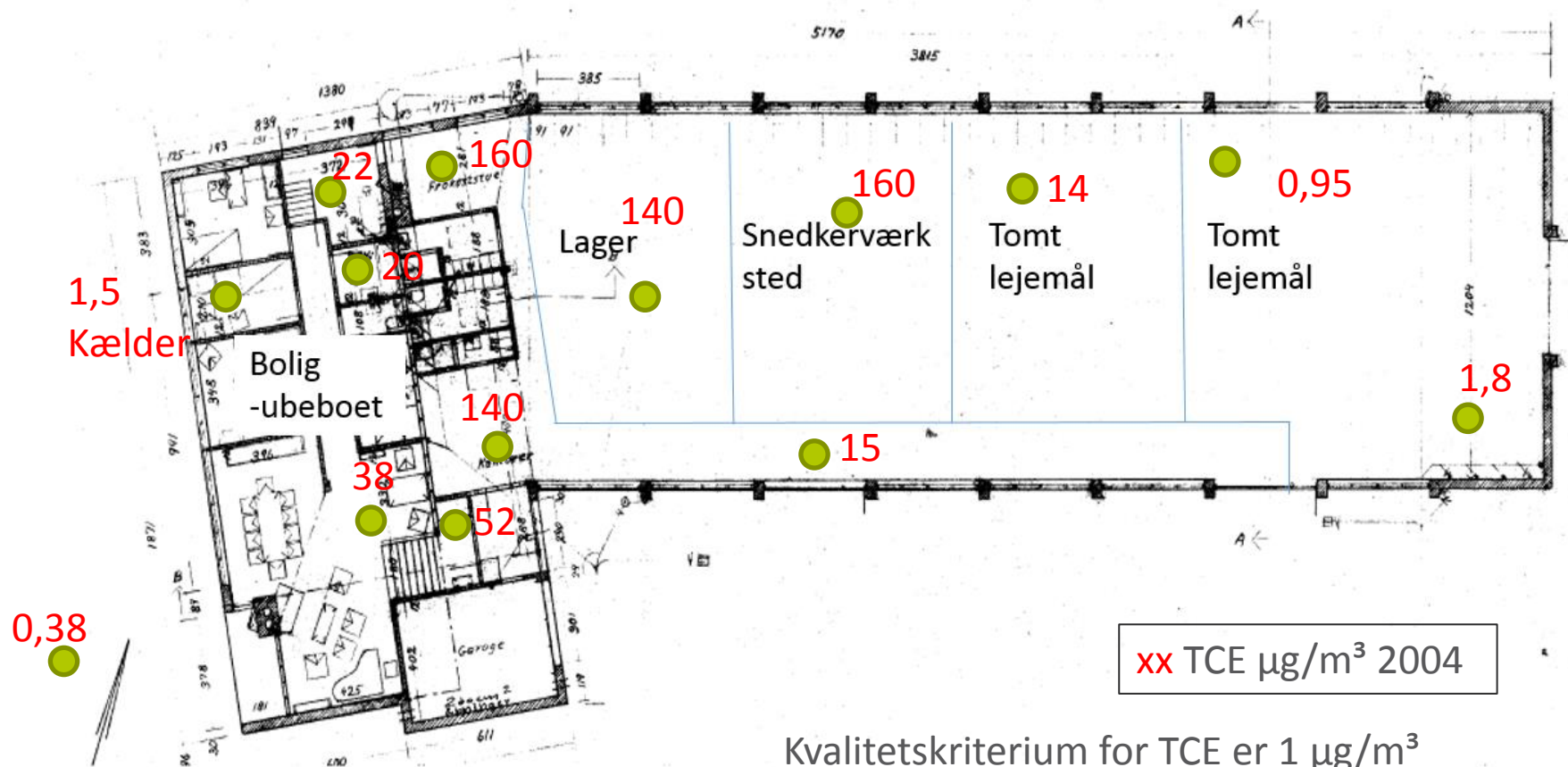


# Geotekniske forhold

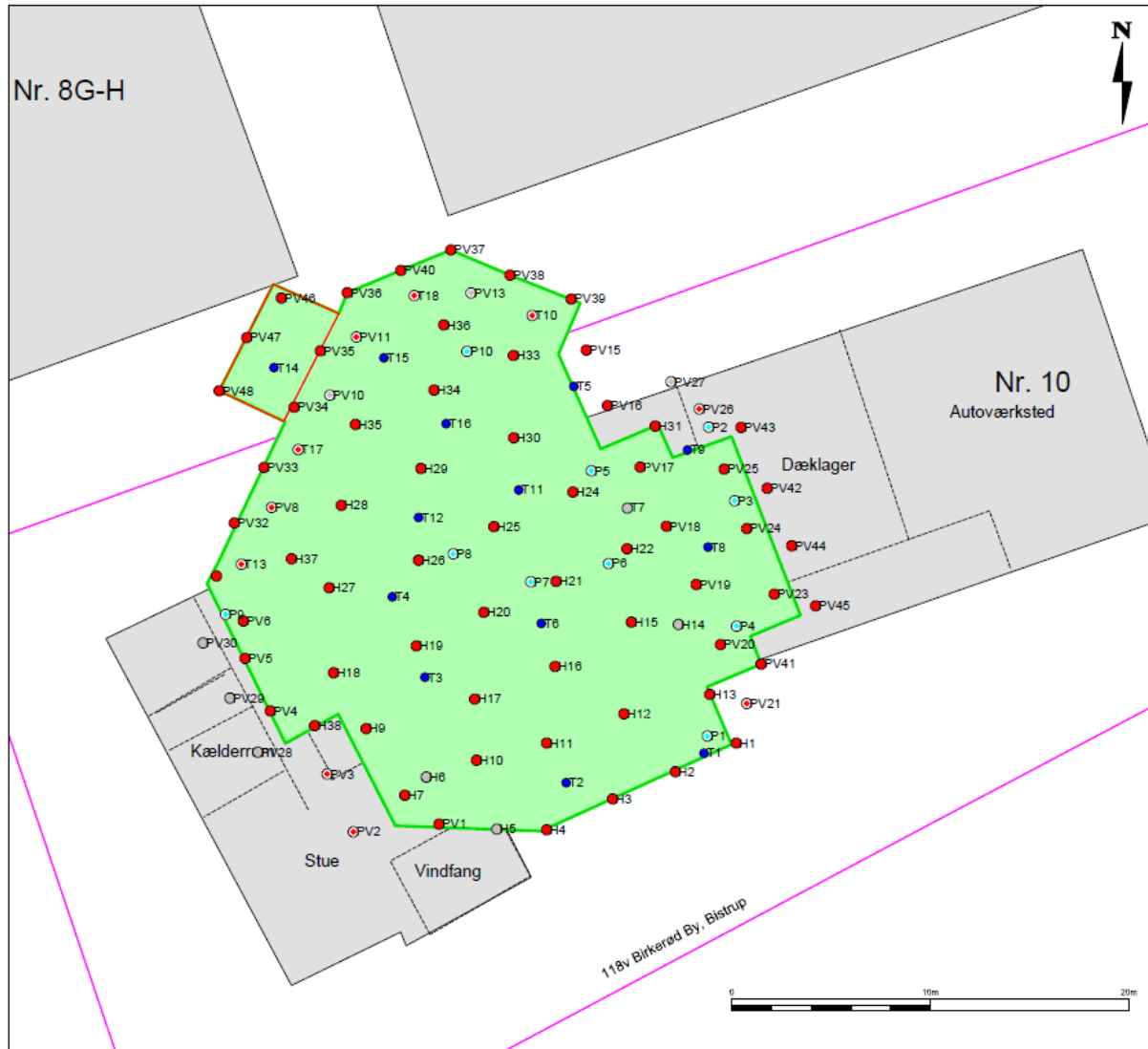
- I DK er oprensningerne udført i istidsaflejringer, med lavt indhold af organisk indhold
- Der er ved oprensningerne observeret minimale sætninger
- På Pilehøj Vænge er der under opvarmningen set at huset har hævet sig for herefter at falde igen
- Opvarmningen har resulteret i kosmetiske skader, hvor der tidligere er udført reparationer i murværk
- anbefales, at der udføres geotekniske undersøgelser forud for oprensning herunder bestemmelse af organisk indhold



# Termisk oprensning -Effekt på indhold i indeklima?

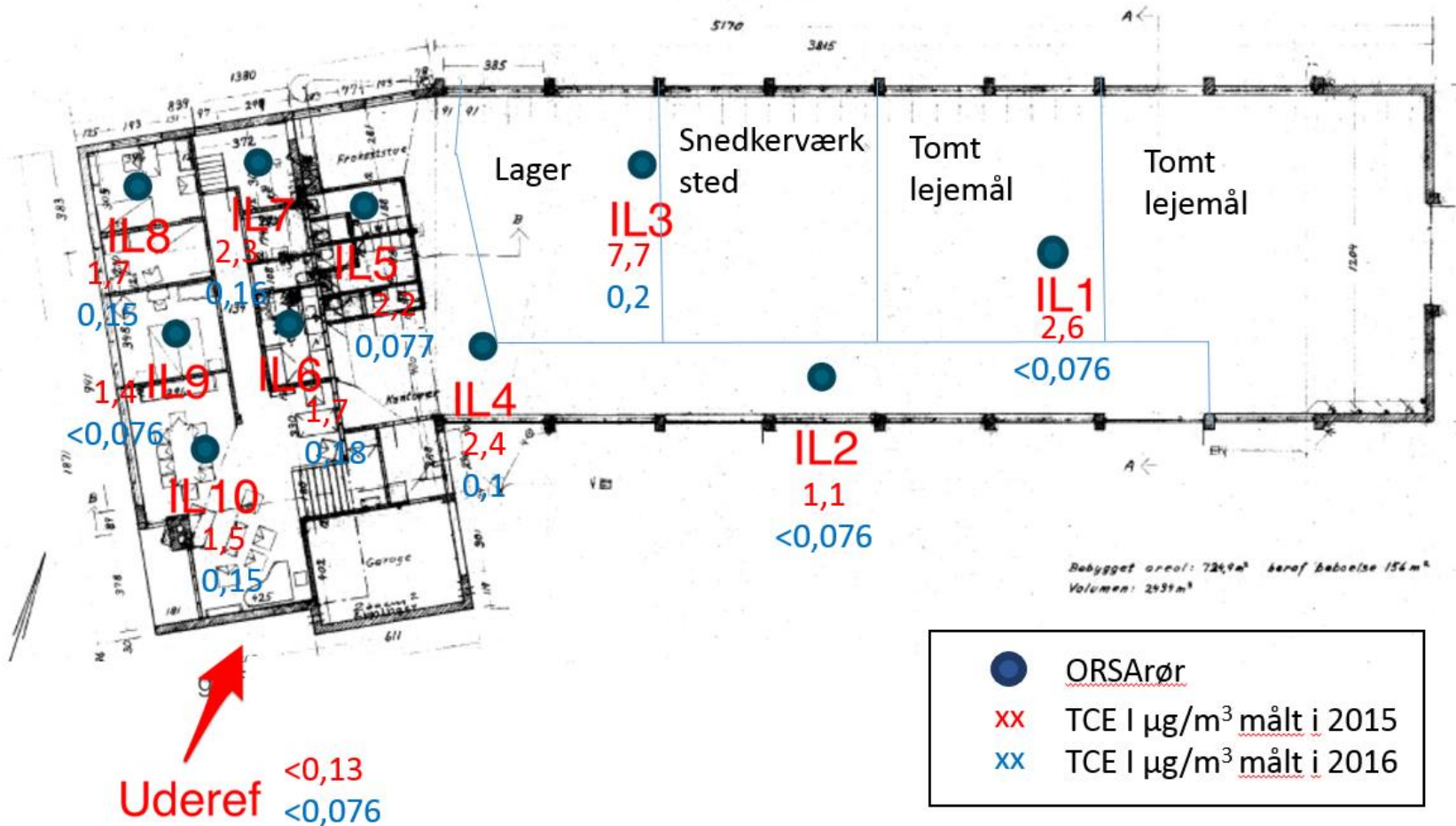


# Termisk oprensning – oprensningsområde





# Termisk oprensning – Indhold efter oprensning





# Opsamling på oprensninger i Danmark

Case	År	Volumen (m <sup>3</sup> )	Metode	Stoffer	Resultater	Pris (kr/m <sup>3</sup> )
Brüel og Kjær	1997	4.000	Damp	PCE/TCE	Ca. 1.500 kg fjernet	?
Hedehusene	1999	50.000	Damp	PCE/TCE	Ca. 800 kg fjernet, ca. 95 % oprensning	720
Østerbro Ålborg	2000	1.200	Damp	PCE/terpen tin	Ca 800 kg fjernet, Opløste koncentrationer reduceret > 99%	2100
Cliprens	2004	9.600	Damp	PCE	Ca. 2000 kg fjernet, Stofflux R> 98%	2000
Knullen	2008	2.500	Damp/ISTD el	PCE	Ca. 3500 kg fjernet, jord R> 99%	8000
Skuldelev	2008	1.500	ISTD el	PCE	Ca. 400 kg fjernet, ISTD el	8200
Reerslev	2009	11.100	ISTD el	PCE	Ca 2500 kg fjernet, ISTD el, jord R>99%	3250
Albagrunden	2011?			PCE		?
Vadsbyvej	2010	1.000	ISTD el	PCE/TCE/TC A	Ca. 200 kg fjernet	?
Innovationsgaragen	2013	-	ISTD gas	PCE	Demo projekt, rensning af PCE i gas flamme	-
Innovationsgaragen	2013	-	RFH	-	Demo projekt af T>100 i jorden	-
Bregnerødvej	2013	2.250	ERH	TCE	Ca. 30-35 kg fjernet Gennemsnit < 0,02 mg/kg	4.850
Pilehøj Vænge	2014	7.000	ISTD el	TCE	120 kg fjernet, Jord hovedparten under <0,001 mg/kg	1.500
Marstrandsvej	2014	150?	ISTD gas	Gasolie	I gang, bagatelgrænsen (<10 kg) er målet	?

# Oprensningseffekt og økonomi

- Både ERH, ISTD og damp viser oprensningsgrader på 95->99 %
- Restindhold i jord under detektionsgrænsen
- Meget varierende priser fra 1.000- 8000 DKK/m<sup>3</sup>

