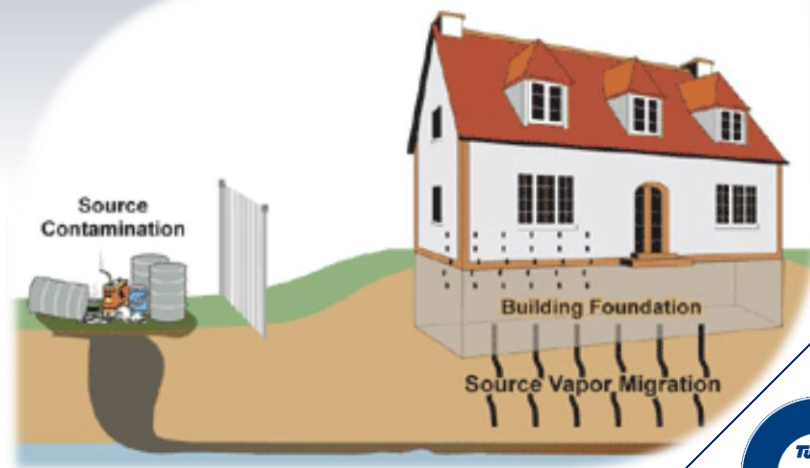


Forurensning av inneklima med klorerte løsningsmidler fra forurensete løsmasser

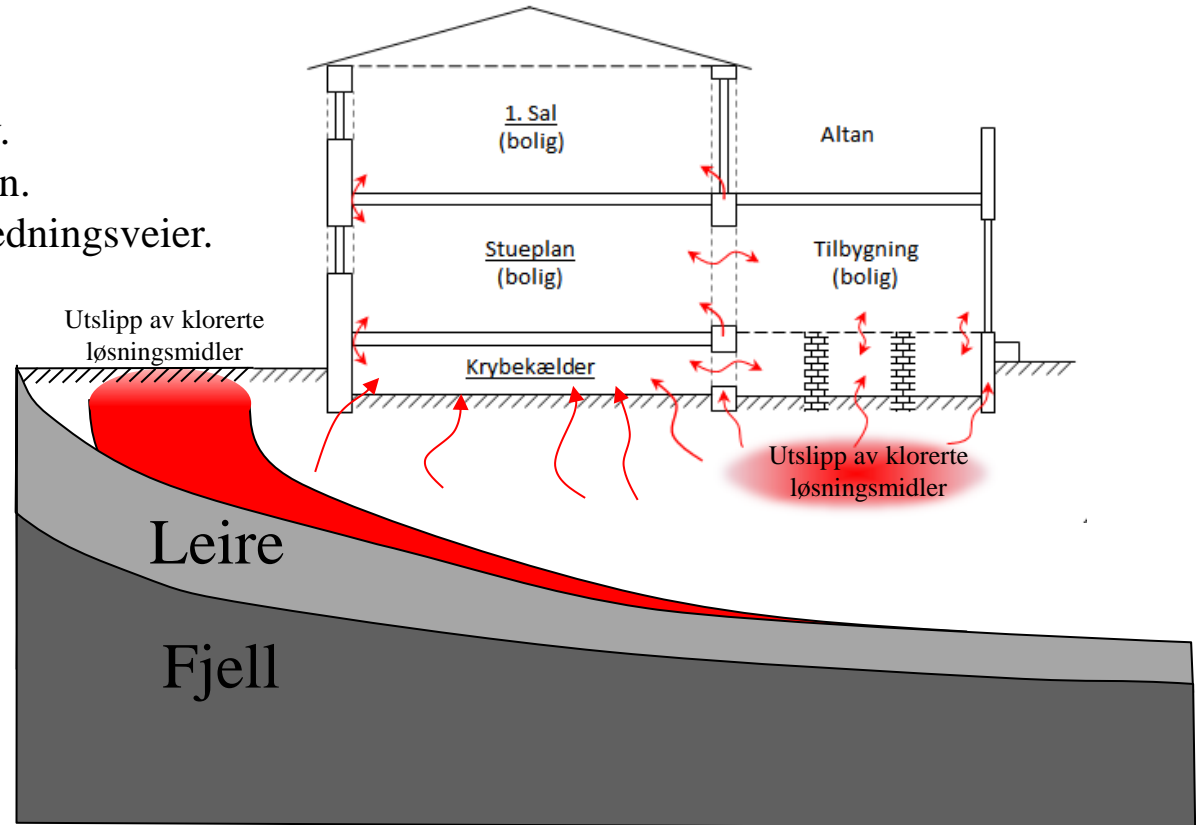
Poul Larsen, utviklingsleder, Ph.D



Temamøte Miljøringen, Hamar 26. mai 2016

Fra forurensede grunn og til inneklimalarisiko

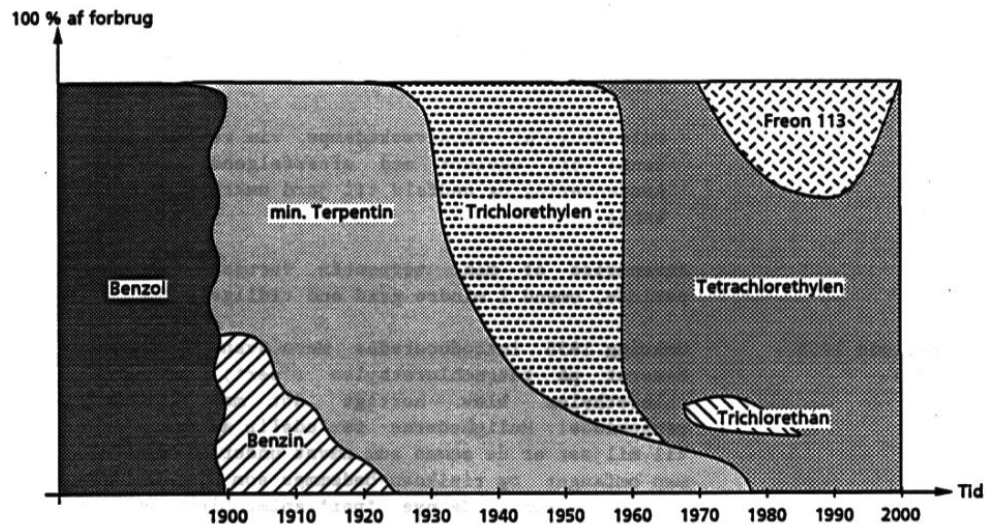
1. Forurensning av løsmasser ved kildeområde.
2. Spredning i jorden, herunder horisontal spredning på lavpermeable overflater.
3. Spredning i revner
4. Faseovergang til poreluft.
5. Spredning til underkant av gulv.
6. Transport over gulvkonstruksjon.
7. Transport via andre interne spredningsveier.
8. Spredning til øvre etasjer.



- Er typisk brukt til rengjøring av tøy eller avfetting, eks. av metallemmner.
- Industrier er derfor:
 - Tekstilrenserier og farging av tøy.
 - Metallindustri (maskinfabriker, smie, metallstøperier osv.).
 - Garverier.
 - Møbelindustrier.
 - Industrilakkering og metalliseringsvirksomheter.
- Sannsynligvis brukt på flere industrier til avfetting, slik som slakterier og i trafostasjoner.
- Ved renserier og industri med metallbearbeiding er det konstatert de største forekomstene av forurensning.

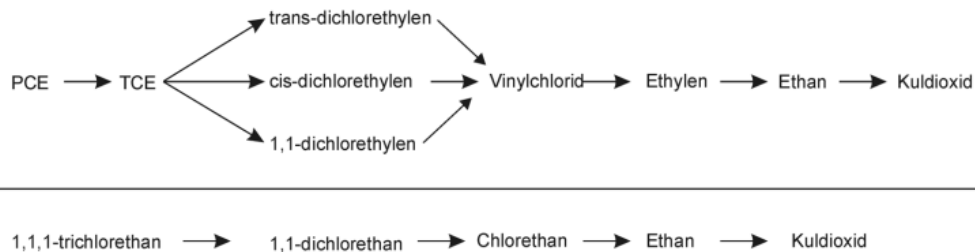


- **Tetraklorethylen (PCE)**
- **Trichlorethylen (TCE)**
- Kloroform (trikloromethan)
- 1,1,1-trichlorethan
- Tetraklormethan
- Nedbrytningsprodukter
 - Kloroethan
 - **Vinylklorid**
 - 1,1-diklorethan
 - 1,1-diklorethen
 - 1,2-diklorethan
 - cis- og trans-1,2-diklorethen



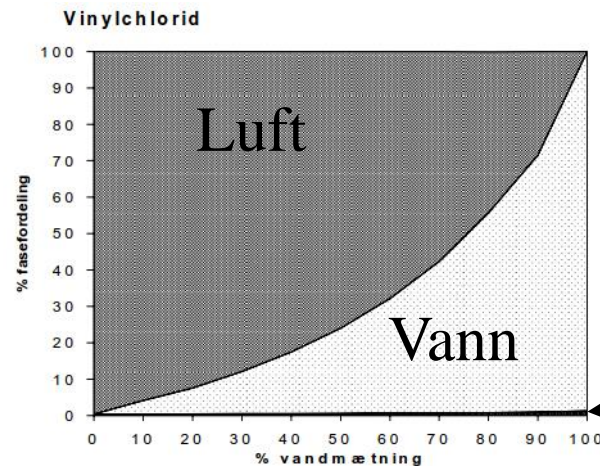
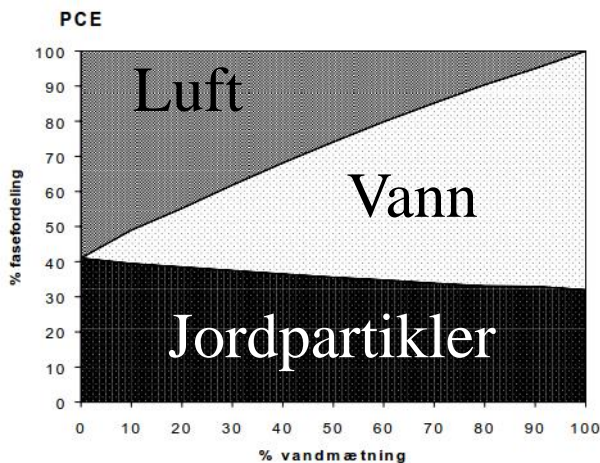
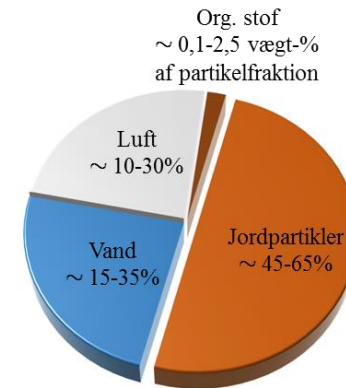
Reduktiv deklorering

Teknik og Admistration nr. 5, 2001.



- Sammenlignet med andre stoffer, er klorerte løsningsmidler generelt meget flyktige (Henry's konstant $>0,1$) – relativt mye stoff i poreluften.
- Lave innhold i jordprøver resulterer i relativt høye innhold i vann og poreluft.
- Vinylklorid separerer seg pga. vesentlig lavere adsorpsjon
- Eksempler på at < 10 kg PCE under en bygning resulterte i inneklimakonsentrasjoner på 1. sal på ca. $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Fasefordeling vol. %



Teknik og Admistrasjon nr. 5, 2001.

- Relativ få norske grenseverdier for inneklima.

| | Arbejdsmiljø kriterier (NO) | Faglige normer | WHO | Inneklimakriterier (DK) |
|-----------------------|-----------------------------|----------------|---------------|-------------------------|
| | µg/m ³ | | | |
| Tetraklorethylen | 40.000 | 250 | 250 | 6 |
| Trikllorethylen | 50.000 | | No safe level | 1 |
| Kloroform | 10.000 | | | 20 |
| 1,1,1-triklorethan | 270.000 | | | 500 |
| Tetraklormethan | 13.000 | | | 5 |
| Kloroethan | 270 | | | |
| Vinylklorid | 3.000 | | No safe level | 0,04 |
| 1,1-diklorethan | 200 | | | |
| 1,1-diklorethen | 4.000 | | | 10 |
| 1,2 diklorethan | 4.000 | | 700 | 0,1 |
| (C&T)-1,2-diklorethen | 395 | | | 400 |

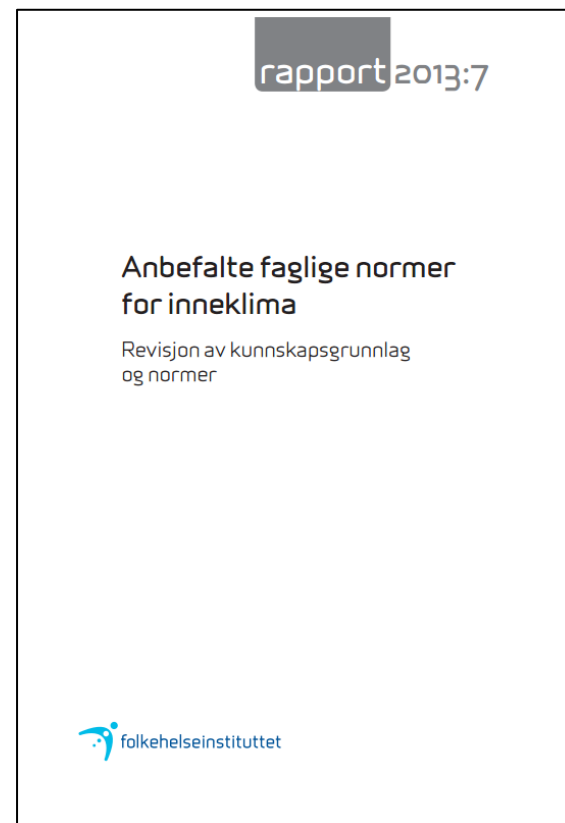
- Relativt høye kriterier for arbeidsmiljø (også i DK).
- Arbejdsmiljøkriterier sættes ut fra at man ikke eksponeres konstant – maksimalt 8 timer dagligt i fem dager om ugen.
- Eksponeringen i hjemmet høyere pga. lengre opphold.

- Princip om et høyt beskyttelsesniveau, hvor der ikke kan forventes effekt ved eksponering for stoffer i luften, selv ved eksponering gennem et helt liv.
- $$LKK = \frac{NOAEL (LOAEL) \times f}{UF_I \times UF_{II} \times UF_{III}}$$
 - NOAEL = No observed adverse effect level.
 - LOAEL = Lowest observed adverse effect level.
 - UFI = usikkerhedsfaktor som tager højde for at mennesker er mere følsomme end forsøgsdyr = 10.
 - UFII = usikkerhedsfaktor som tager højde for at nogle mennesker er mere følsomme (eks. børn og gravide) settes normalt til 10.
 - UFIII = Usikkerhedsfaktor som tager højde for manglende datakvalitets sættes i intervallet 1-100.
 - f = er den brøkdel af TDI, der allokeres til udeluften.
- Eksempel: Tetrachlorethylen = $\frac{61.000(LOAEL) \times 1,0}{10 \times 10 \times 100} = 6 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Altså er LKK for PCE ca. en faktor 10.000 gange lavere end det nivå hvor der er observeret en effekt.

- Ingen faglige normer for klorerte løsningsmidler.
- Under flyktige VOC-er står det:
- ”Flere av stoffene over er mest sannsynlig lite aktuelle som forurensninger i norske innemiljøer. Dette gjelder særlig naftalen, kloroform, trikloroetylen, tetrakloroetylen og sannsynligvis paradiklorbenzen”.
- Ovenstående er sannsynligvis ikke vurdert med jordforurensning tatt i betraktning, og sett i det lys er vurderingen korrekt.
- Vurderingen underbygges av bakgrunnsnivåer målt i Danmark, hvor det i inneklimate i rom, som ikke vurderes å være berørt av forurensning, er funnet en median konsentrasjon på 0,51 µg/m³.

| | Antal data | Min. | Fraktiler | | | Skønnet max. verdi | % under det.gr. | Max. det.gr. µg/m ³ |
|----------------------|------------|--------|-------------------|---------------|----------|--------------------|-----------------|--------------------------------|
| | | | 0,25 | 0,5 | 0,75 | | | |
| | | | µg/m ³ | | | | | |
| Udeluft | 59 | 0-0,05 | 0-0,13 | 0-0,2 | 0,3-0,36 | 1,0 | 54* | 0,5 |
| Inneklimate | 205 | 0-0,02 | 0,26 | 0,51 | 1,20 | 2,5 | 11 | 0,2 |
| Kapillarbrydende lag | 53 | 0-0,10 | 0-0,10 | 0-0,10 | 0-0,1 | 0,90 | 85* | 0,18 |
| Poreluft | 52 | 0-0,10 | 0-0,26 | 0-0,5 | 0,23-0,5 | 1,0 | 63* | 0,5 |

Teknik og Admistrasjon nr. 2, 2010.



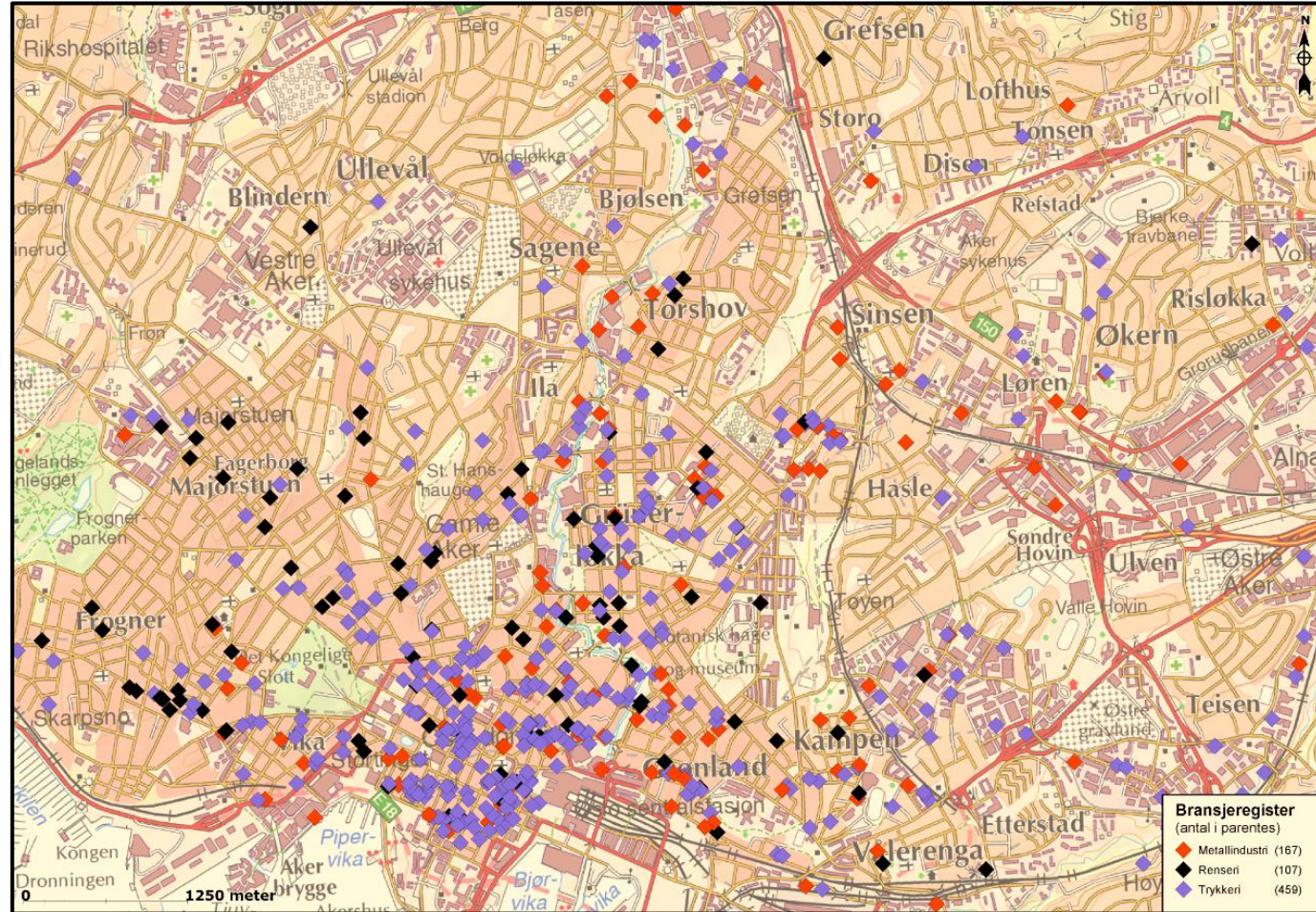
- ...eiendommer hvor det tidligere har vært industri med klorerte løsningsmidler, slik som renseri og metallindustri.
- I tall fra 1999 er det rapportert at på tidligere renserier, som er lokalisert etter historisk redegjørelse, er konstatert forurensning i 65 % av undersøkte kilder under bygningen.
- Det er ikke rapportert nyere tall, men basert på erfaring, konstateres det ved innledende undersøkelser på tidligere renserier risiko for inneklimateet i 50-60 % av de undersøkte bygningene.
- Ofte har renseriene vært aktive i en perioden innenfor 1930-i dag, og det er ofte beboelse i bygningen på en eller flere etasjer, hvor det kan måles klorerte løsningsmidler i inneklimateet. Det fins imidlertid ikke en statistikk for dette.
- Erfaringsmessig er:
 - Innhold av tetrachlorethylen i poreluften $>10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ikke usædvanlig under bygninger hvor der har vært forurensende industri og innhold $>1.000.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i poreluften ses også med mellomrum.
 - Innhold av tetrachlorethylen $>250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i inneklimateet på lokaliteter hvor der har vært forurensende industri forekommer også på nogle lokaliteter.
 - Lignende forhold gjør sig gjældende for trichlorethylen.
- Inneklimateetrisiko fra klorerte løsningsmidler er noe av det som det brukes flest ressurser på i DK.

- Det vil kunne forventes forurensning med klorerte løsningsmidler fra bl.a. renserier, metallbearbeidings-virksomheter, garverier, trykkerier osv.
- Selv små virksomheter, slik som mindre smier, som har eksistert for 30-40 år siden, kan ha brukt klorerte løsningsmidler til avfetting – små utslipp på <10 kg (produkt som PCE eller TCE) kan resultere i store inneklimaproblemer.
- Radonsikring vil også redusere transport av klorerte løsningsmidler til inneklima, men i eldre bygninger (eks. hvor det har vært renseri) er radonsikring ikke nødvendigvis etablert.
- Diffusion vil alltid forekomme – også igjennom plastmembraner som er mest fokusert på den konvektive transport.
- Erfaringsmessig vil radonsikring, i form av tetting, ofte ikke være tilstrekkelig til på langsikt å sikre mot inntrenging av klorerte løsningsmidler.
- Radonsikring ved etablering av undertrykk under bygninger vil ha en stor suksessrate.



Renseri, metallindustri og trykkerier i Oslo

- Flere virksomheter aktive omkring 1940-1950.
- Potensiell inneklimasikro hvis det ikke er undersøkt tidligere.
- Fastsettelse av grenseverdier for klorerte løsningsmidler i inneluft vil være avgjørende for å definere hvor det er risiko.
- Normverdier for jordforurensning og jordprøvetaking er ikke nødvendigvis hensiktsmessig til vurdering av risiko for inneklima.



- Overslagsberegninger med norsk og dansk risikovurderingsverktøy med så like forutsetninger som mulig. Dvs.:
 - vann og luftfraksjon på 0,2 og 0,2.
 - innhold av organisk stoff på 0,1 %.
 - Avstand til forurensning under gulv 0,1 m.

| | Normverdi | NO Risk. værktøy | DK Risk. Verktøy |
|---------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|
| | mg/kg TS | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Tetrachlorethylen | 0,01 | 22 | 750 |
| Trichlorethylen | 0,1 | 130 | 2.600 |
| Chloroform | 0,02 | 15 | 1.500 |
| 1,1,1-trichlorethan | 0,1 | 270 | 3.800 |
| Tetrachlormethan | 0,02 | 68 | 4.500 |

- Jordkonsentrasjoner tilsvarende normverdien resulterer i relativt høye innhold.
- Modellberegninger i risikovurderingsverktøy skal gi risiko ved relativt lave konsentrasjoner – det skal være konservativt.

Prøvetaking i jord, poreluft eller inneklima?

- Ved vurdering av risiko for inneklima, vil det være best å screene poreluften eller inneklimaet i stedet for jordprøvetaking, tilsvarende å gå direkte til en nivå 3 risikovurdering med måling av eksponering.
- Vurderes risiko for inneklima kun ut ifra jordprøver risikerer man:
 - Å underestimere risikoen, fordi selv relativt lave konsentrasjoner kan gi relativt store konsentrasjoner i poreluften – veldig flyktig.
 - Å overse et kildeområde, da det ofte er veldig lokalt avgrenset i jorda. Det skal tas mange jordprøver for å sikre at man ikke overser et kildeområde.
- I stedet bør inneklimarisiko vurderes ut ifra analyse av poreluft eller inneklimaprøver.
 - Screening med poreluftanalyse er relativt raskt, og prøvetaking etterlater kun små "foot print".
 - Hvis det forekommer et kildeområde, er utbredelsen større i poreluften enn i jordfasen, og det er derfor større sjanse for å finne det med poreluftanalyse.



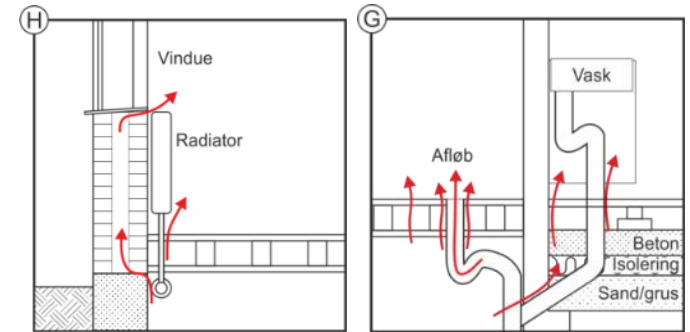
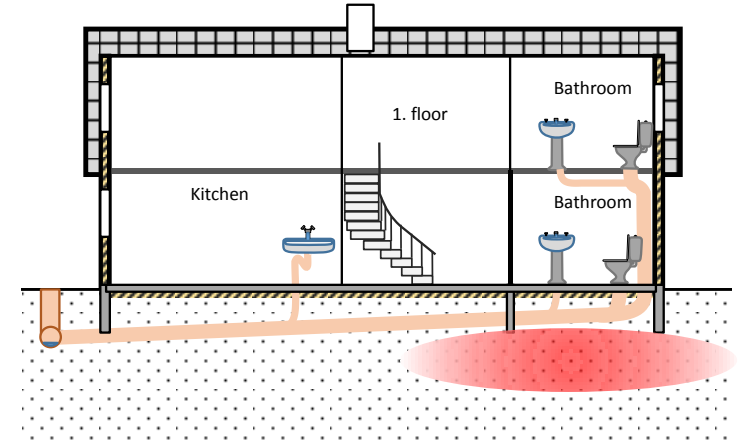
Poreluftmåling



ORSA-rør til
inneklimamåling



- Horisontal og vertikal avgrensing av kilde under bygning.
- Geologi i kilden og mellom kilden og gjennomtrengingsveier.
- Kjeller i bygningen.
- Kartlegging av mulige gjennomtrengingsveier eks.:
 - Poreluft til inneklima via gulvkonstruksjon – reduksjonsfaktor?
 - Poreluft til inneklima via kloakk/avløp.
 - Forurenset grunnvann til kloakk, til luft i kloakk til inneklima.
- Oppbygging av gulvkonstruksjon eks.:
 - Betonggulv (armert vs. Ikke-armert)
 - Revner.
 - Kryp kjellere.
 - Tregulv.
- Interne spredningsveier i bygning eks.:
 - Hulrom.
 - Skorstein.
 - Etasjeadskillere.
 - Ventilasjon.
- Luftskifte med uteluft og eks. mellom etasjer.



EPA proj. 1147, 2007

- Industrier/virksomheter som renserier og metallbearbeiding kan lede til forurensning med klorerte løsningsmidler som ofte resulterer i inneklimarisiko.
- Behov for inneklimakriterier for klorerte løsningsmidler, som målinger i inneklima og poreluft kan sammenlignes med.
- Hvor kriterierne settes vil være avgjørende for hvor stort problemet er – skal man acceptere, at der er et innhold av klorerte løsningsmidler i inneklimaet over baggrunsnivået?
- Mange tidligere lokaliteter, hvor det er potensiell risiko for inneklima ut ifra kjennskap til tidligere virksomheter, basert på andre undersøkelser.