

Afdampning fra jordforurening med diffusion til vandledninger

Civilingeniør Kim Haagensen

Senior Specialist – WSP Danmark

Drikkevandsrør af plast i forurenede jord

Disposition – påvirkning af drikkevand fra jordforureninger

Baggrund

Permeation generelt

Teori

Beregninger og resultater

Risiko og konceptuelle modeller

Cases

Perspektiver og ønsker

Arbejdet med teori og risikovurdering er grundlæggende udført for HOFOR i 2016

Indlæg om teorien bag og risikoen for påvirkning fremlagt på Vintermøde 2017

Aktuelt - Cases og screeninger fra FORS; Region Hovedstaden; HOFOR

Grundlag, materialer og problemstillinger

- Ballon gummi er tæt over kort tid, men taber ”pusten”
- Fødevarer er indpakket i special emballage for ikke at trække fugt eller optage/miste smag og duft
- Plastdunke til benzin er specialplast
- Plast dækker over et meget bredt spektrum af forskellige materialer, indholdsstoffer og opbygninger
 - PE, PP, PB, PVC, PEX
 - Kompositmaterialer
- Til drikkevandsforsyning er der stramme krav til afgivelse ved evt. migration
- Men: plast er også permeabelt !

Derfor vil rørledninger af plast til drikkevandsforsyning være udsat gennemtrængning (permeation) af forureningsstoffer fra jordforureninger



Er det nyt? – nej!

Grundlaget for korrekt valg af beskyttelseshandsker er beskyttelse mod permeabilitet fra forskellige stoffer.

Der findes flere eksempler internationalt hvor jordforureninger har kontamineret drikkevand i plastrør

Ofte på lavt niveau hvor hverken smag eller lugt afslører forureningen

Ofte efter stagnation i ledningsnet

- Rotterdam 1982
- Stagnation 8 timer
- Fordelingsnet af PE

(Bromhead, 1997, Drinking water Inspectorate, UK)

Organic compound	Detected concentration in drinking water samples µg/l				Max detected concentration µg/l
	< 0.5*	0.5-10	10-100	> 100	
Benzene (n)	(143)	(10)	(4)	(6)	7,010
Toluene (n)	(140)	(10)	(4)	(9)	5,050
Xylene (n)	(138)	(12)	(4)	(9)	4080
Carbon tetrachloride (n)	(114)	(2)	(0)	(0)	0.13
Trichloroethene (n)	(104)	(25)	(6)	(2)	13.4
Tetrachloroethene (n)	(79)	(37)	(25)	(2)	14.4

Teori og beregningsmæssigt grundlag

Permeation omfatter 3 processer (eller flere)

”Opløsning” (sorption) af stof i overfladelag

Diffusion gennem godset (evt. flere forskellige lag)

”Afgivelse” (desorption) af stof til nyt medie

Kan udtrykkes ved Permeabilitetskoefficienten

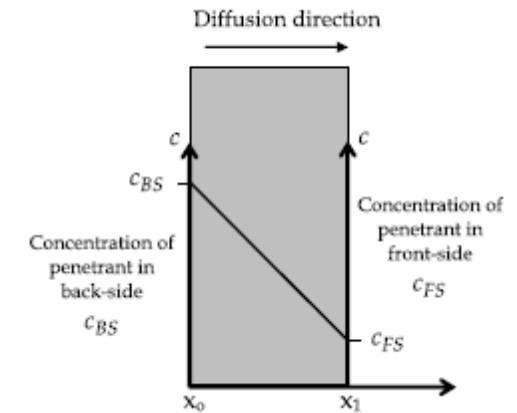
$$P = K \cdot D$$

Hvor K er fordelingskoefficienten mellem medie og plast

Hvor D er diffusionskoefficienten af stof i materiale

Massetransporten kan beregnes af Fick's 1. lov

$$F = -P \times (C_i - C_y)/d$$



Teoretisk og beregningsmæssigt grundlag

Generelt findes 2 situationer

Stagnant vand ("stop and go")

Vand i bevægelse (flow), varierende

Begge situationer kan beskrives matematisk:

$$C_{dv} = \frac{M(t)}{V(t)} = \frac{(F \cdot A \cdot t)}{(q \cdot t)}$$

hvor:

$M(t)$ = samlet tilført masse, g
 $V(t)$ = samlet vandvolumen, m³
 F = massetransporten, g/m²/s
 A = indre areal af rørstykket, m²
 t = opholdstiden, s
 q = flow, m³/s

Begge situationer fører til:

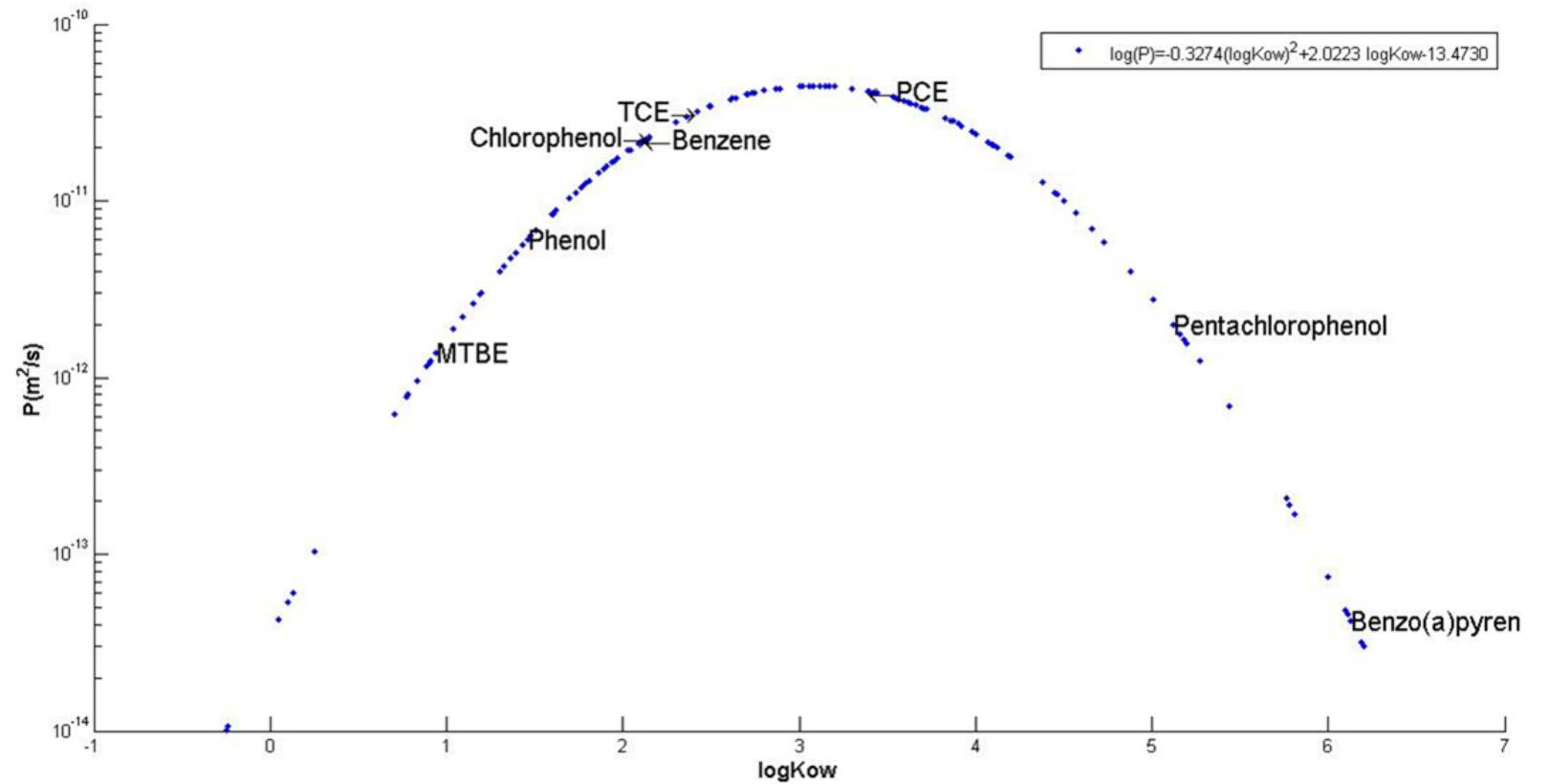
$$C_y / C_{dv, krav} = \frac{1}{t} + \frac{d \cdot D}{4} + \frac{1}{P}$$

Altså 3 led: [opholdstid; rørdimension; permeation]

Permeabilitetskoefficienten

Kan estimeres ud fra log Kow på samme vis som Kd i JAGG findes ud fra Abduls formel

For stofferne i JAGG ser estimatet ud som vist på figuren



Koncentrationsniveau og Risikovurdering

Risiko ved:

- Lavt flow og stagnation
- Små rørdimensioner
- ”Mobile” og permeable stoffer
 - Chlorerede, aromater, alifater
 - I poreluft
 - I grundvand

Koncentrationsniveau afhængig af krav til koncentration i DV:

- Ved 1/10 af drikkevandskvalitetskriteriet
- Koncentrationer udenfor rør fra omkring
 - 1 – 10 µg/l i vand
 - 1.000 – 10.000 µg/m³ i poreluft

Hvad siger producenterne?

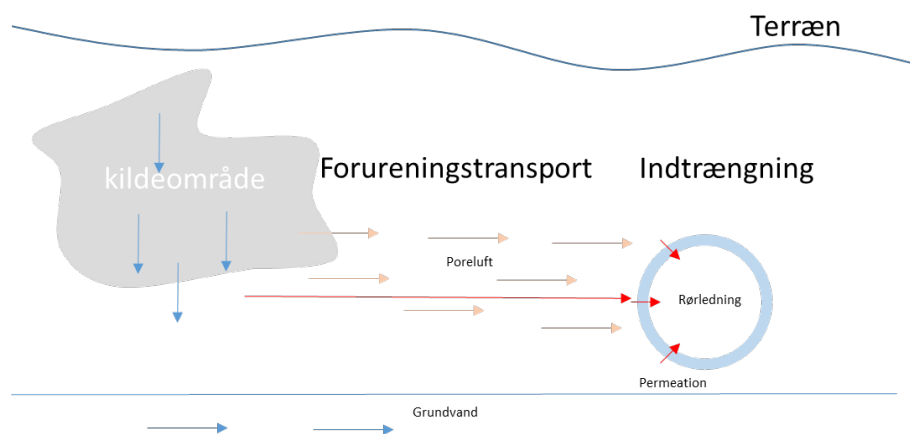
Værdier i µg/L

Stofgruppe	PE homogen	PE med alukappe (SLA)
Aromatiske kulbrinter	9	20.000 – 1.780.000
Klorerede opløsningsmidler	10	130.000 – 7.395.000
Alifatiske kulbrinter	100	450 – 9.500
Polyaromatiske forbindelser (PAH)	5	1.300 – 30.000
Phenol	23.000	8.500.000

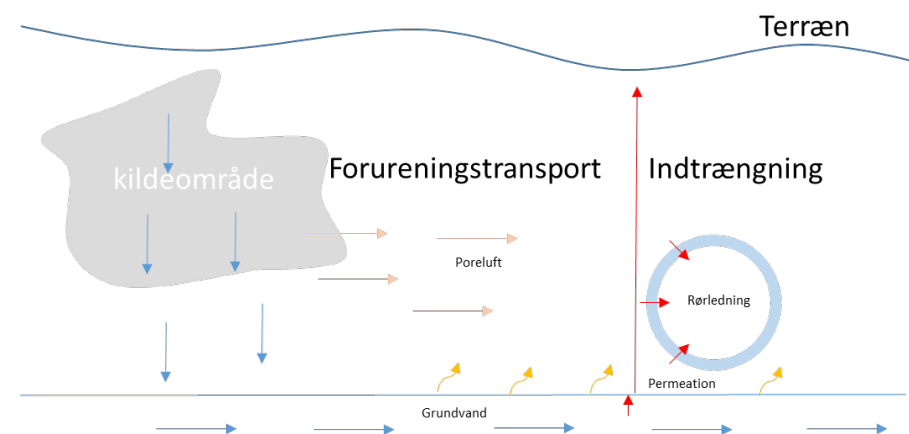
Tabel 4.1 Grænseværdier for impermeabilitet i mikrogram/l /19/. De angivne intervaller for PE med alukappe er baseret på specifikke stoffer i de enkelte stofgrupper.

Konceptuel forståelse og Risikovurdering

Konceptuel model - poreluftspredning



Konceptuel model - grundvandsspredning



Når der ikke skal så meget til, hvorfor hører vi så sjældent om sådanne forureninger?

Aktuelle cases.

Kontrol på VV!

Vandet er jo kontrolleret og OK

Opmærksomhed

Opmærksomhed ved undersøgelser af jordforureninger er fraværende

Ingen smag

Smagsgrænser er høje

Igen lugt

Lugtgrænser er høje

Ikke synligt

Ingen speciel farve ved lave konc.

Metan som årsag til vækst og dårlig smag/lugt

DATA:

Vand: dårlig lugt, fedtet fornemmelse, danner slim hvor vandet drypper, lugt mindskes efter aftapning.

Rør: Ø32 HDPE, 25 m langt, lagt i gammel bygasrør, begge ender forseglet med byggeskum, ingen fejltilslutninger, rør omkring 2 år gammelt.

Drikkevand VV

pH: 7,6

Ledningsevne: 660

BTEXN: alle <0,02

Kulbrinter: alle < DL [2-9 µg/L]

Kimtal 22: 85 CFU/ml

Ingen coliforme

Drikkevand forbruger

pH: 7,6

Ledningsevne: 680

BTEXN: alle <0,02

Kulbrinter: alle < DL [2 – 9 µg/L]

Kimtal 22: 1.600 CFU/ml

Ingen coliforme

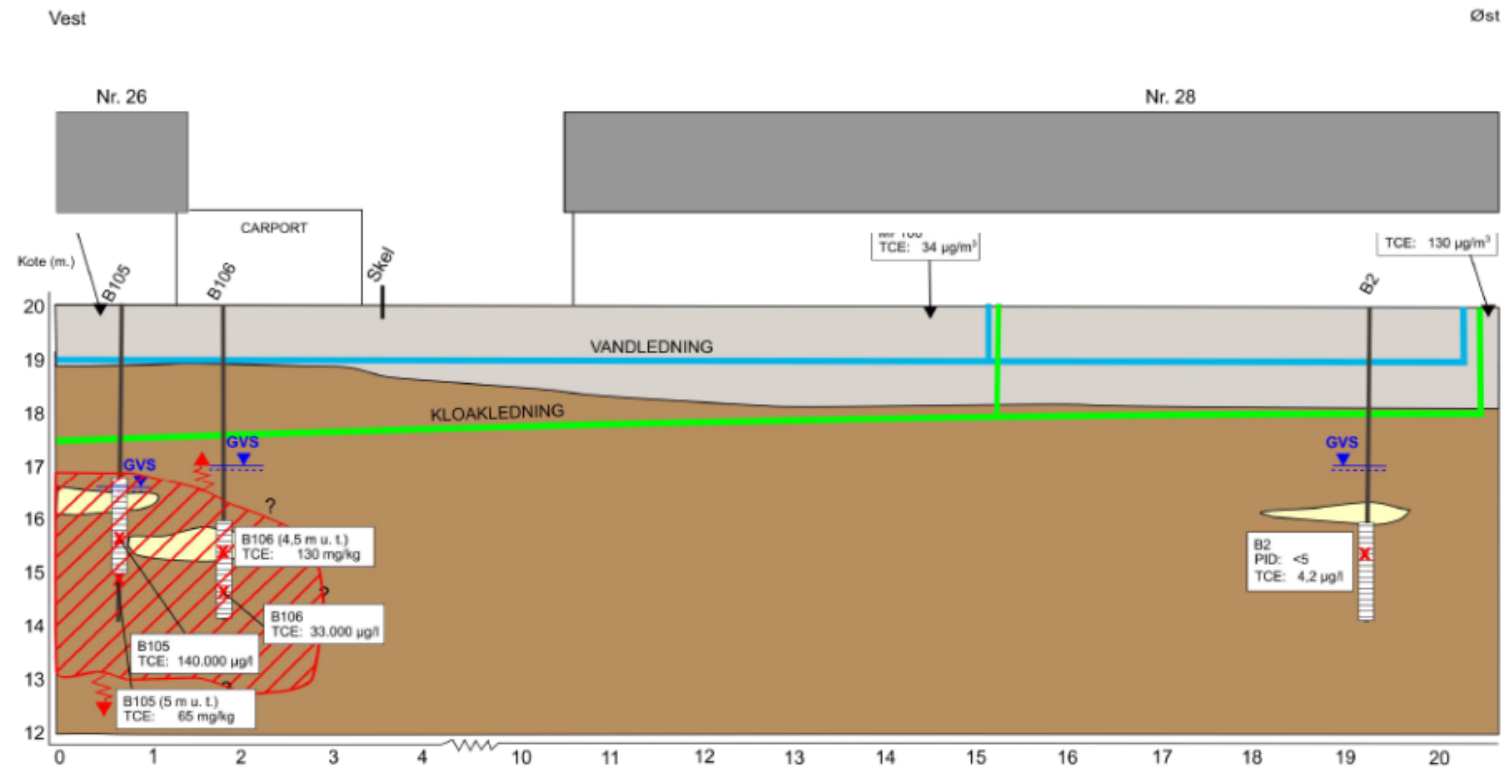
Teori:

Metan: permeabilitetskoefficient på omkring $2,2 \times 10^{-12}$, dæmpning over 2.000 gange, potentielt høj koncentration – medfører nogen gennemtrængning

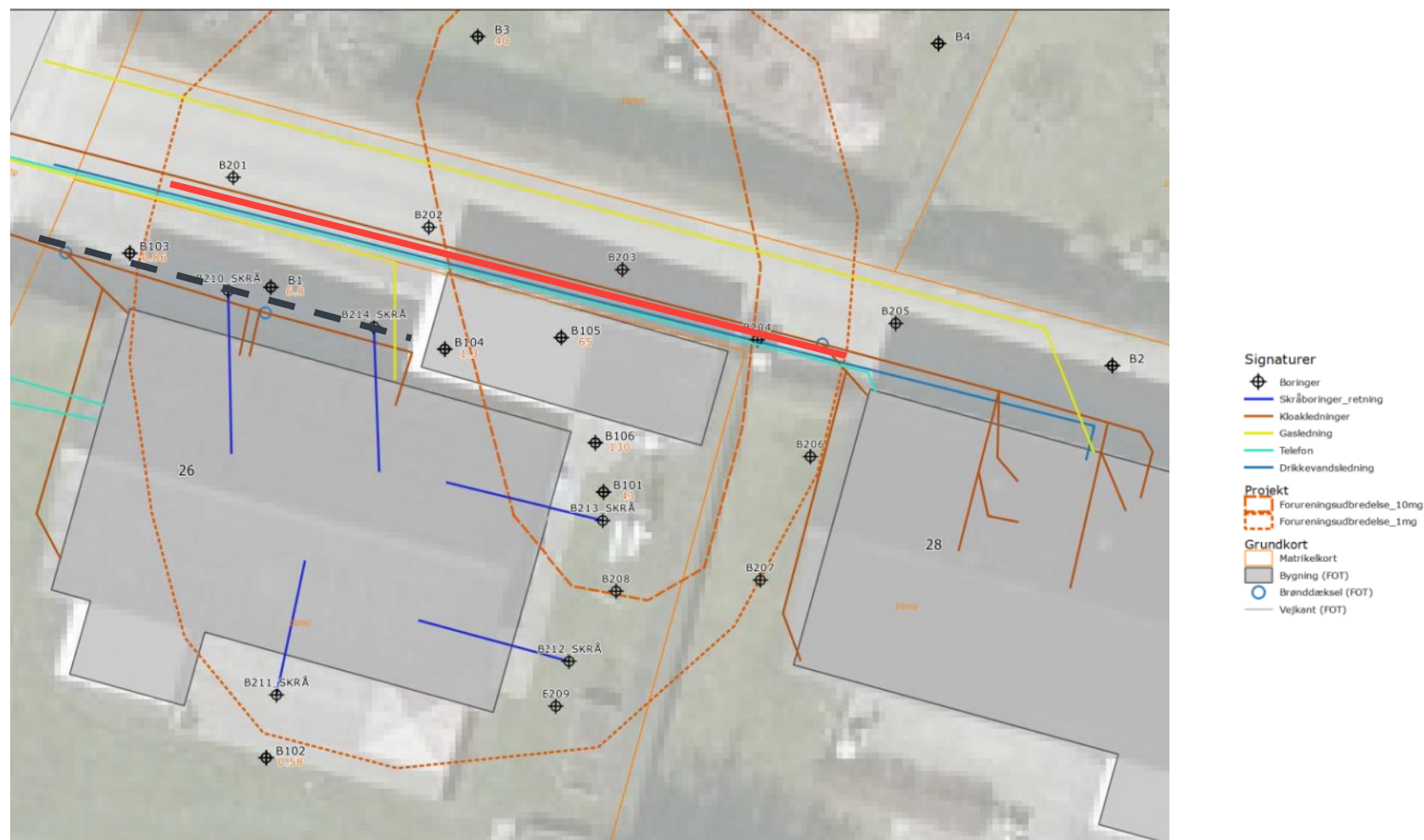
Case: Lang ledningsstrækning, relativt lavt forbrug, metan er energikilde og medfører vækst af bakterier i rør



Case TCE: Afsmitning fra poreluft til drikkevandsrør

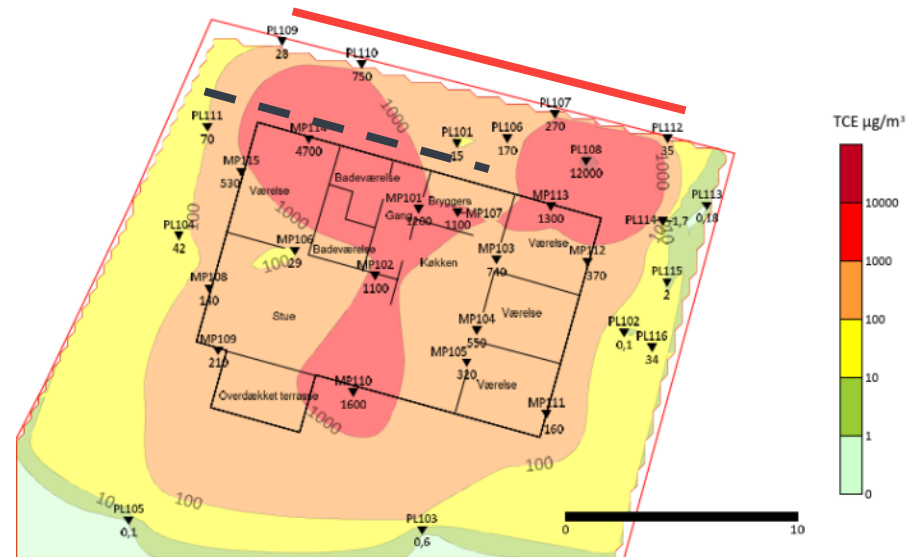


Case TCE - Ledning til drikkevandsforsyning henover fane

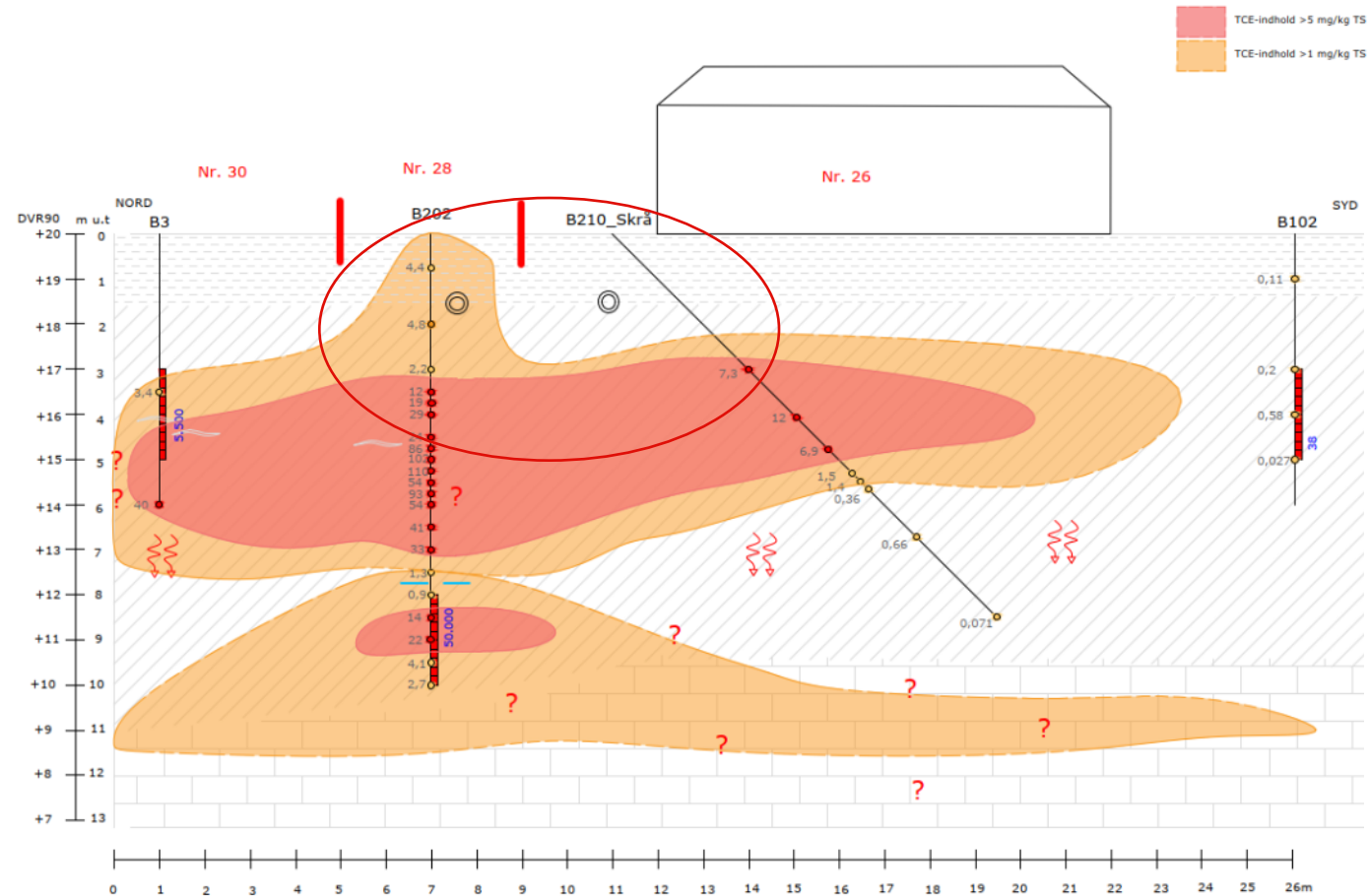


Kilde: Afgrænsende forureningsundersøgelse – anonym adresse – Region Hovedstaden (DMR, 2021)

Case TCE - Ledning til drikkevandsforsyning henover fane



Case TCE: Ledning til drikkevandsforsyning henover fane



Case med TCE forurening

Teori:

TCE: permeabilitetskoefficient i HDPE på omkring $1,2 \times 10^{-11}$, dæmpning over 100 - 1.000 gange ved rørdimensioner mindre end ø63.

Case: Relativt lang ledningsstrækning for stik, rør lagt henover forureningsfane og måske igennem kildeområde med TCE forurening

DATA:

Rør: formentlig Ø32 HDPE, godt 10-15 m ledningsstrækning henover forurening med TCE

Vand i nr 28: aftappet og analyseret som "first flush", 5 min og 15 min.

Drikkevand VV

TCE: i.p.

Drikkevand forbruger i nr. 28

TCE: 0,5 – 0,7 µg/L

Forsyningernes fokus punkter for screeninger inden rørlægning

Problematiske stoffer

- Alifater og aromater fra forureninger med flygtige kulbrinter
- Chlorerede opløsningsmidler

Fokusområder

- Kildeområder
- Poreluftspreddninger
- Evt. grundvand hvis rør lagt vådt

Viden bruges til Screeninger

Forsyningsselskaberne indhenter oplysninger – hjælp dem med det rigtige fokus.

- Placering af kildeområder
- Rør lagt i grundvand fx ved styret underboring
- Rør trukket ved no-dig metode over lange strækninger
- Anbefal rørtyper som fx Alukapperør, galvaniserede rør eller ductile rør ved forureninger i jord, poreluft eller grundvand



Tak for opmærksomheden



wsp.com