

Erfaringer fra et boringstransekt

Workshop Vintermøde 2018, onsdag den 7. marts

Mads Møller, Katerina Tsitonaki, Bertil B. Carlson og Lars Larsen, Orbicon

Nina Tuxen og Mette Munk Hansen, Region Hovedstaden



Formål med etablering af et boringstransekt

- Specifik kortlægning og afgrænsning af forurening i et transekt i en forureningsfane
- Fastlægge massefluxen for forureningen i transektet

Løsning af opgaven:

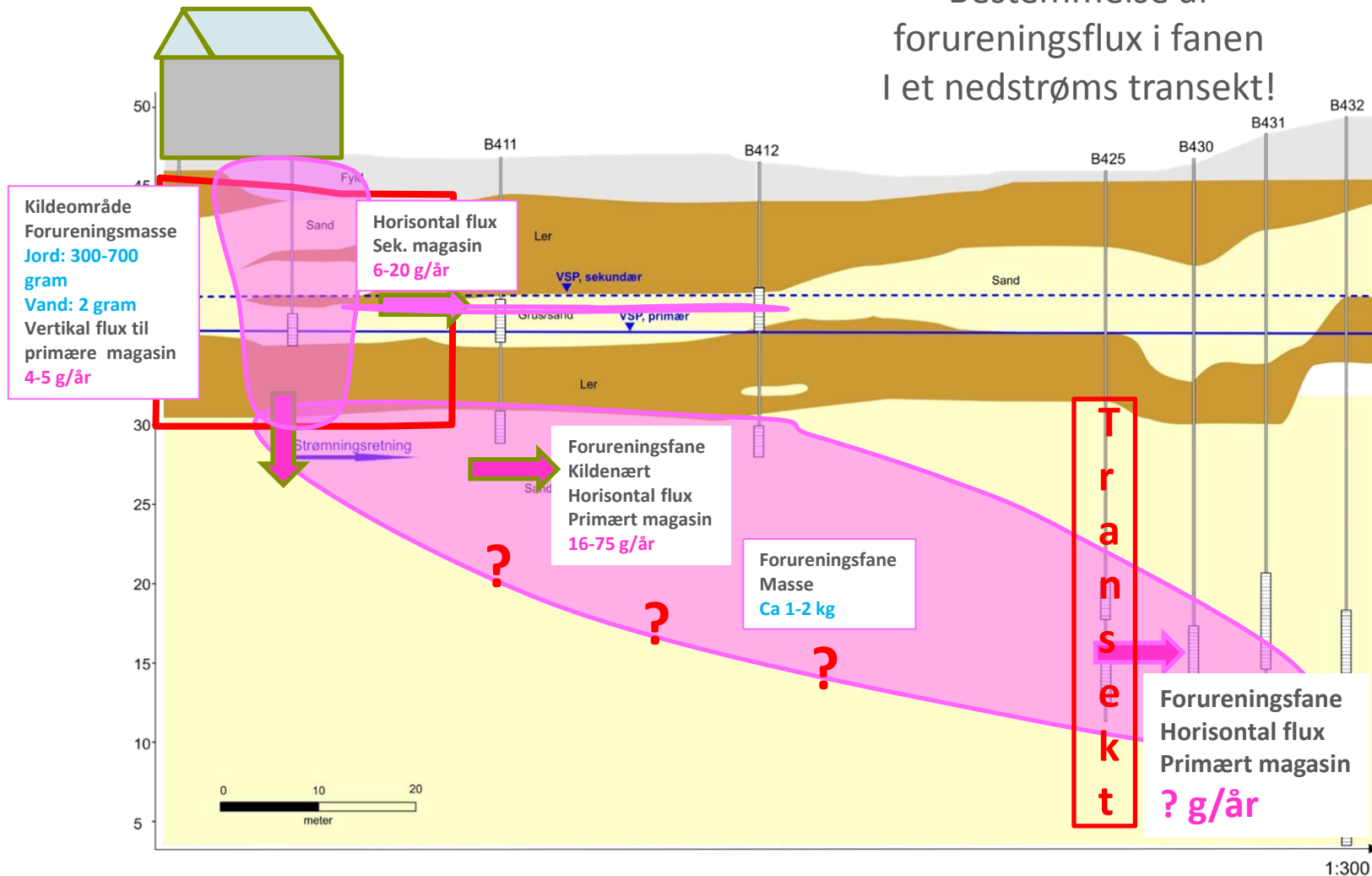
- Synkronpejlerunder – strømningsretning/gradienter (dykkende fane)!
- Etablering af 8 boringer i et transekt med filtre i forskellige dybder – Geologi og hydrogeologi!
- Udtagning af vandprøver – Forurening og redoxkemi!
- Sigteanalyser, slugtests og korte pumpetest – **hydraulisk ledningsevne!**
- Beregning af **masseflux** for forurening i transekt!

Placering af boringstransekt



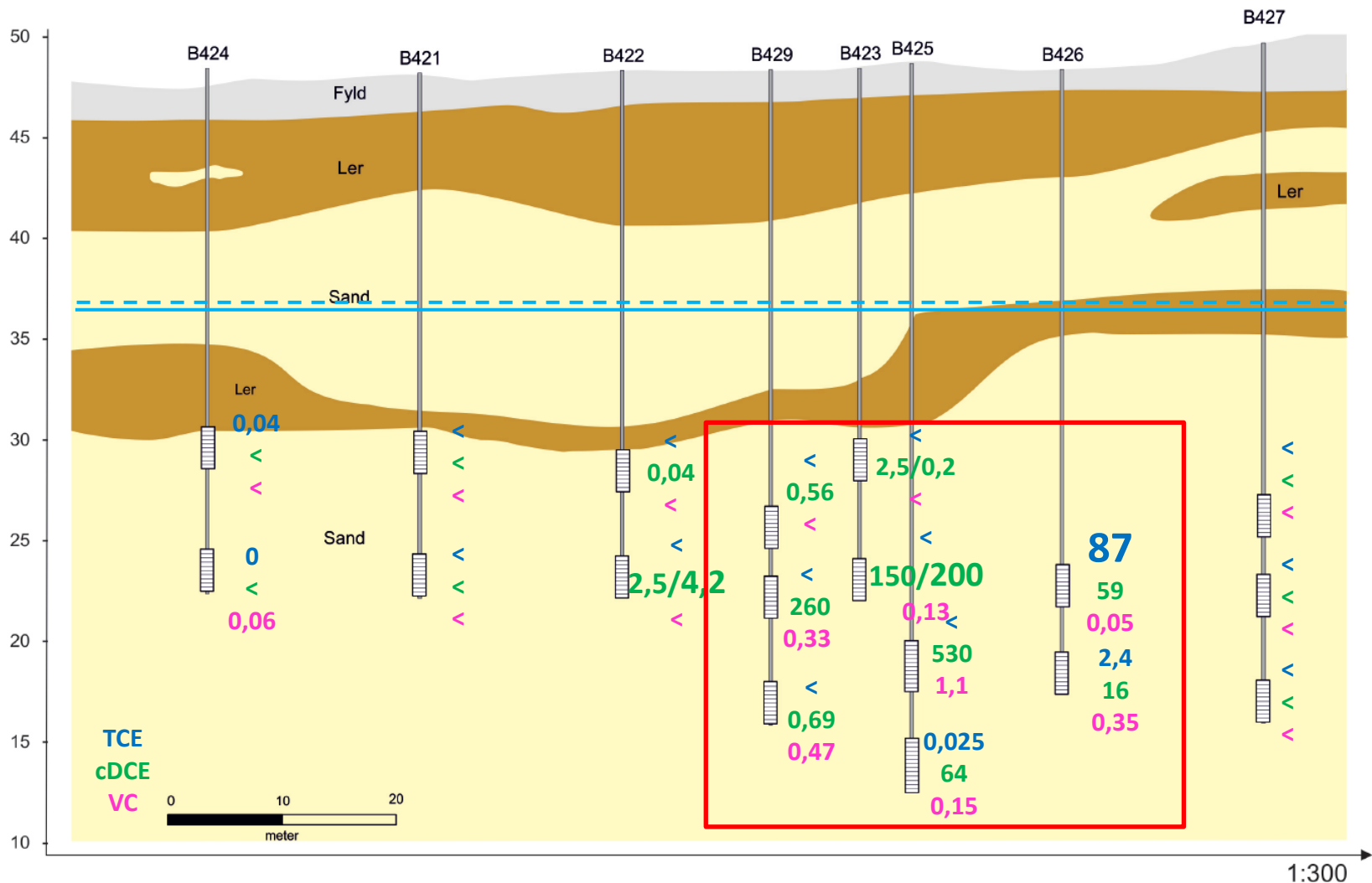
Konceptuel model Placering af boringstransekt i fanen

Fokus på risikovurdering
Bestemmelse af
forureningsflux i fanen
I et nedstrøms transekt!



Nedstrøms transekt – på tværs af strømningens retning!

Forurening primært magasin – kort pumpetest



3 metoder til bestemmelse af den hydrauliske ledningsevne

1. Sigteanalyser

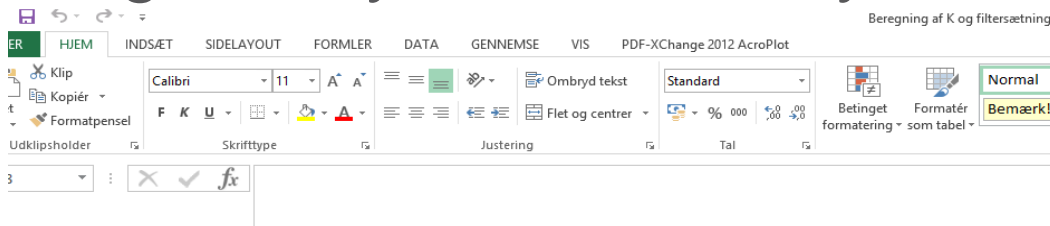
2. Slugtest

3. Pumpetest – kort



Hvad er forskellen på disse metoder?

Bestemmelse af hydrauliske ledningsevne Sigteanalyser – en analyse fra hver jordprøve!



HydrogeoSieveXL

v 2.2

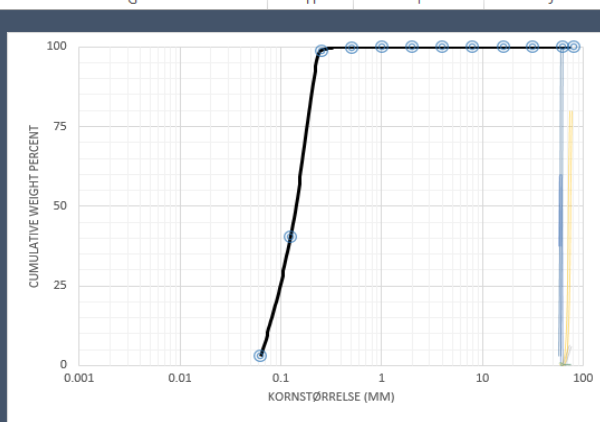
Developed by
J.F. Devlin
Dept. of Geology
University of Kansas

Developed April 29, 2014, most recent update September, 2016

This program is electronic supplementary material for the article
Devlin, J.F. 2015. HydrogeoSieveXL: an Excel-based tool to estimate hydraulic conductivity from
grain-size analysis. Hydrogeology Journal.

Sieve opening d_i (ϕ)	Sieve opening (ps) d_i (mm)	Mass of retained (mr) (g)	mass fraction (mf)	Percent Passing (pp)
6.316927	80	0	0	100
5.972551	63	0	0	100
4.973342	31.5	0	0	100
3.996835	16	0	0	100
2.997627	8	0	0	100
1.998418	4	0	0	100
0.999209	2	0	0	100
0	1	0	0	100
-0.99921	0.5	0.1	0.001	99.9
-1.99842	0.25	1	0.01	98.9
-2.99763	0.125	58.5	0.585	40.4
-3.98535	0.063	37.4	0.374	3

Beregning af hydraulisk ledningsevne	cm/s	m/s	m/d
Hazen	.873E-02	.873E-04	7.540
Hazen K (cm/s) = d_{10}^2 (mm ²)	.557E-02	.557E-04	4.809
Advanced Slichter	.327E-02	.327E-04	2.826
Advanced Terzaghi	.576E-02	.576E-04	4.973
Advanced Beyer	.675E-02	.675E-04	5.835
Sauerbrei	.663E-02	.663E-04	5.731
Kruger	.108E-01	.108E-03	9.343
Advanced Kozeny-Carmen	.293E-01	.293E-03	25.288
Advanced Zunker	.140E-01	.140E-03	12.055
Advanced Zamarin	.146E-01	.146E-03	12.628
USBR	.193E-02	.193E-04	1.670
Advanced Barr	.506E-02	.506E-04	4.369
Advanced Alyamani and Sen	.518E-02	.518E-04	4.472
Advanced Chapuis	.733E-02	.733E-04	6.336
Advanced Krumbain and Monk	.692E-02	.692E-04	5.980
geometrisk gennemsnit	.696E-02	.696E-04	.601E+01
aritmetsk gennemsnit	.742E-02	.742E-04	.641E+01



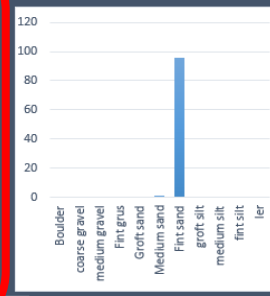
Moderately well sorted sand low in fines

Effective Grain Diameters (mm)

d10	0.075
d17	0.086
d20	0.091
d50	0.146
d60	0.167
$d_{\text{geometric mean}}$	0.145
de (Kruger)	0.140
de (Kozeny)	0.125
de (Zunker)	0.130
de (Zamarin)	0.135
to (Alyamani)	0.057

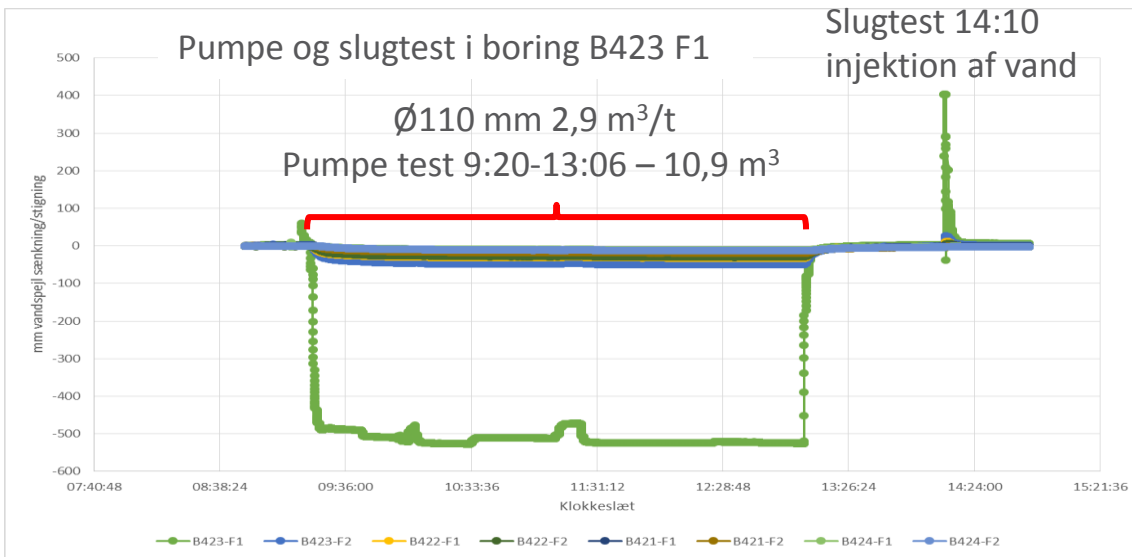
Other Useful Parameters

Uniformity Coef.	2.24	
n computed	0.423085	0.423085
g (cm/s ²)	980.00	
ρ (g/cm ³)	0.9981	
μ (g/cm s)	0.0098	
$\rho g/\mu$ (1/cm s)	9.9327E+04	
tau (Sauerbrei)	1.053	
d5 _g	-3.915	
d16 _g	-3.564	
d50 _g	-2.779	
d84 _g	-2.197	
d95 _g	-2.049	
σ_g	0.625	



mm		% in sample
>64	Boulder	0
16 - 64	coarse gravel	0
8 - 16	medium gravel	0.000
2 - 8	Fint grus	0.000
0.5 - 2	Groft sand	0.100
0.25 - 0.5	Medium sand	1.000
0.063 - 0.25	Fint sand	95.900
0.016 - 0.063	groft silt	
0.008 - 0.016	medium silt	
0.002 - 0.008	fint silt	
<0.002	ler	

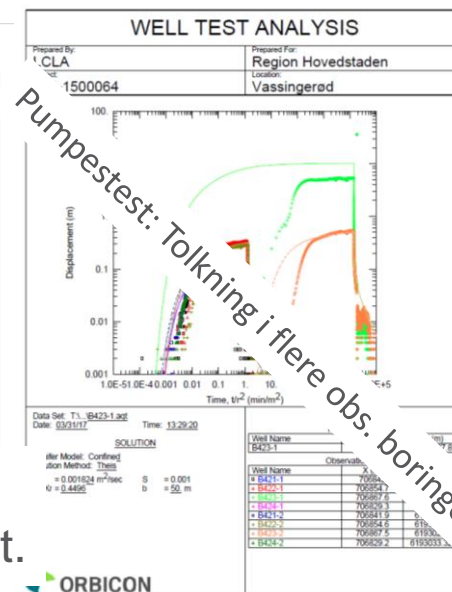
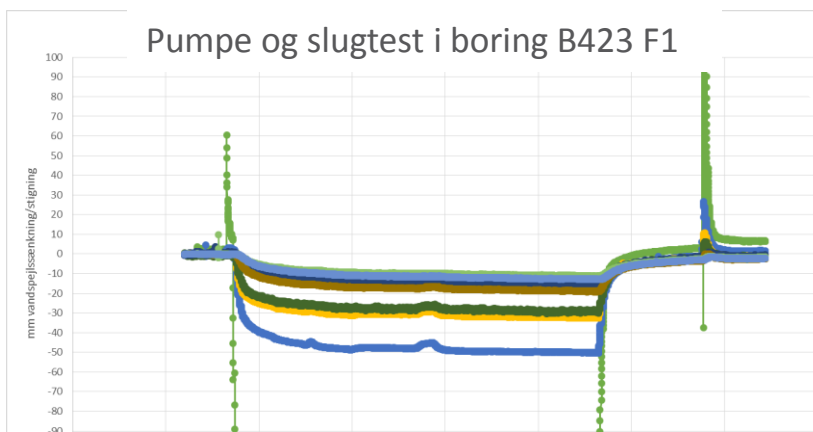
Bestemmelse af den hydrauliske ledningsevne korte pumpetest og slugtest!



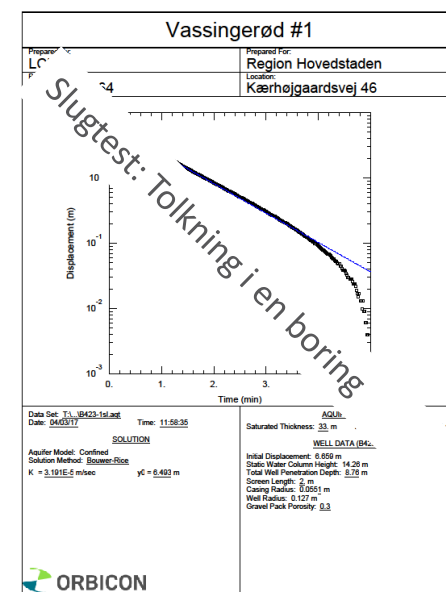
VIGTIG – 2, 10 eller 40?

$$T_k = k_f \cdot M \text{ [m}^2\text{/s]}$$

T_k : Transmissiviteten
 k_f : Hydrauliske ledningsevne
 M : Mægtigheden af magasinet



Pumpe test: Tolkning i flere obs. boringer



Sænkning af vandspejl i alle boringer
 God hydraulisk kontakt i hele transektet.

3 metoder til bestemmelse af den hydrauliske ledningsevne

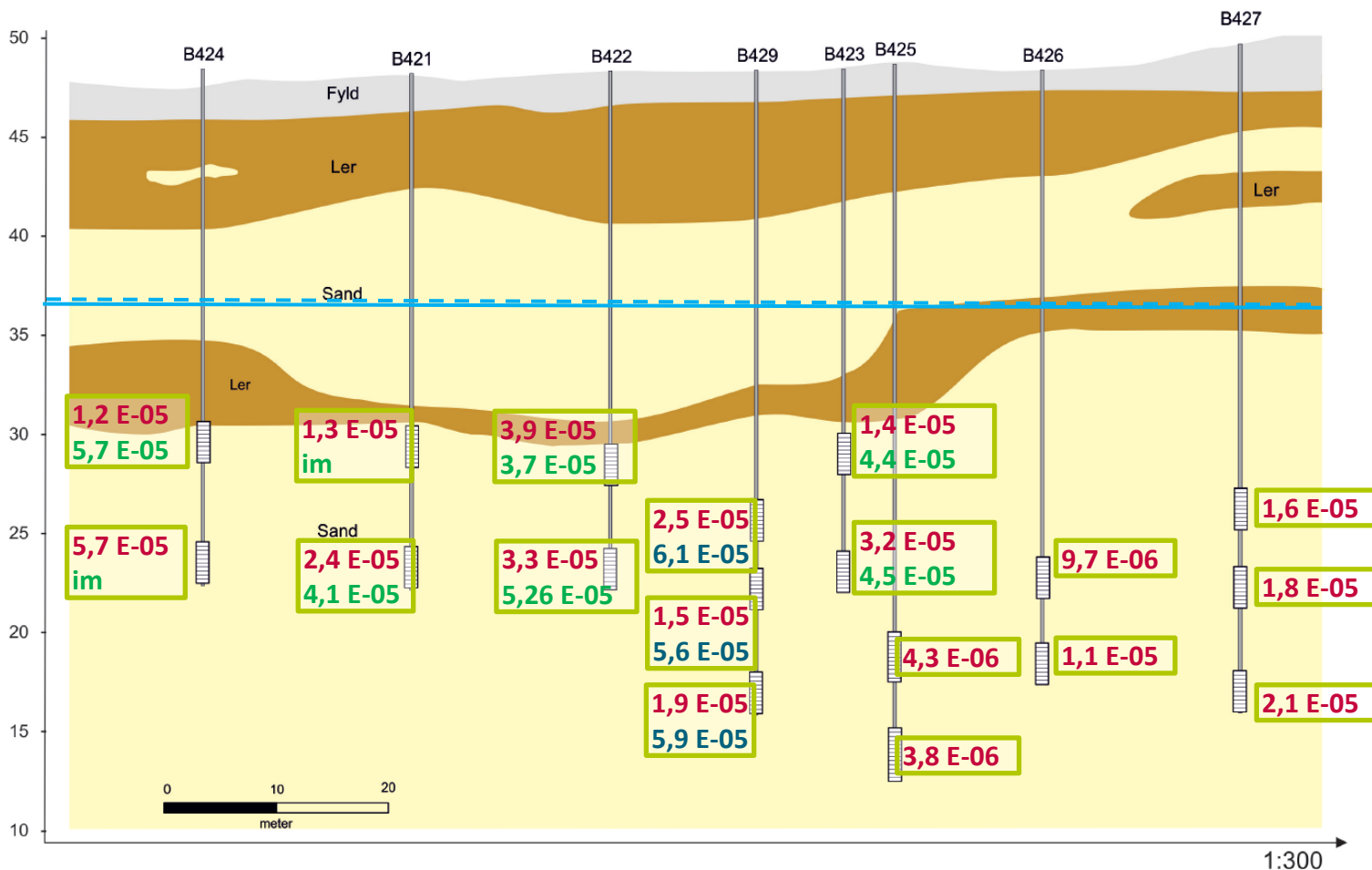
K værdier i m/s

Pumpetests (H= 40m) – 3,7 E-5 til 5,7 E-5 – ikke store forskelle

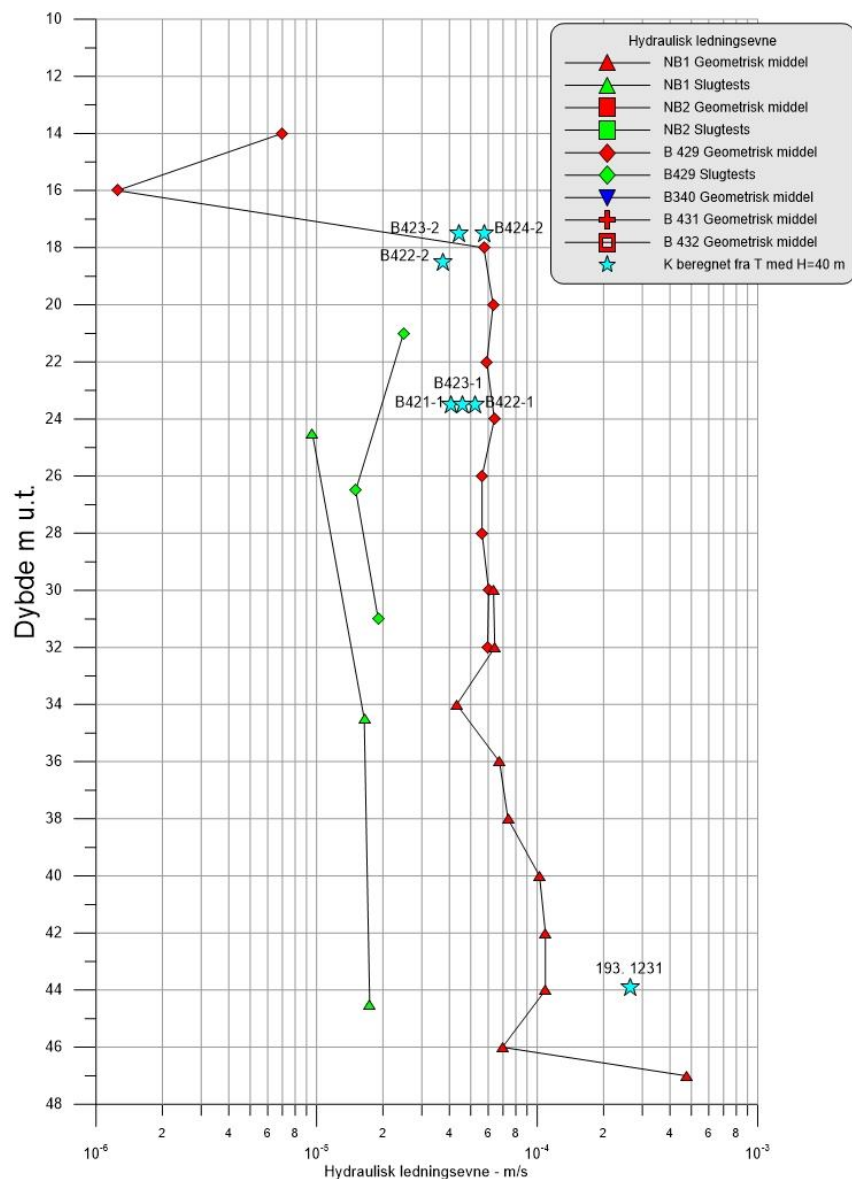
Slugtets – 3,8 E-6 til 5,7 E-5 – lidt forskelle

Kornstørrelse – 5,6 E-5 til 6,1 E-5

Transekt 4



Hydraulisk ledningsevne afbilledet med dybden



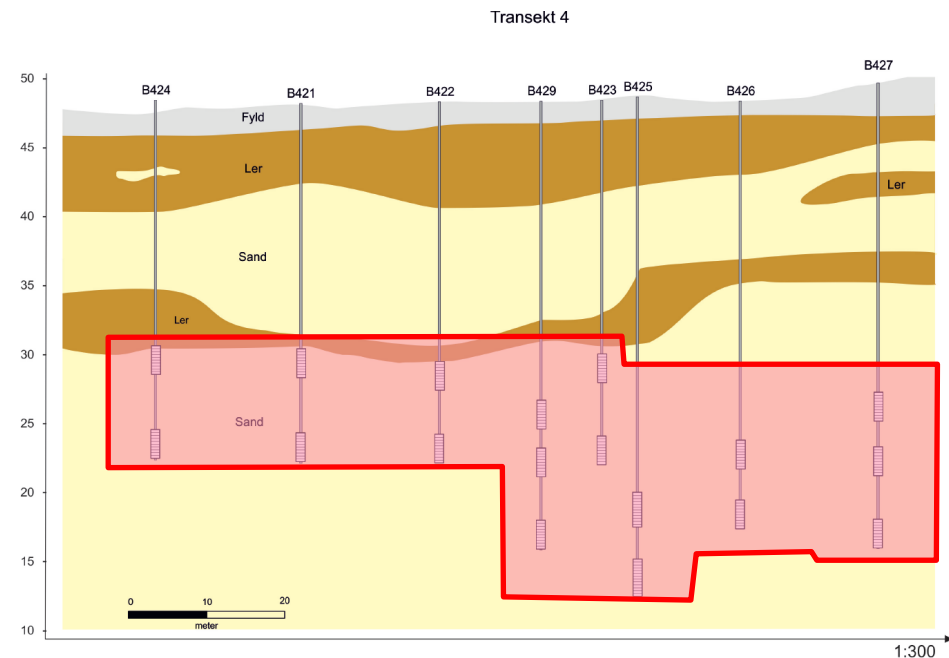
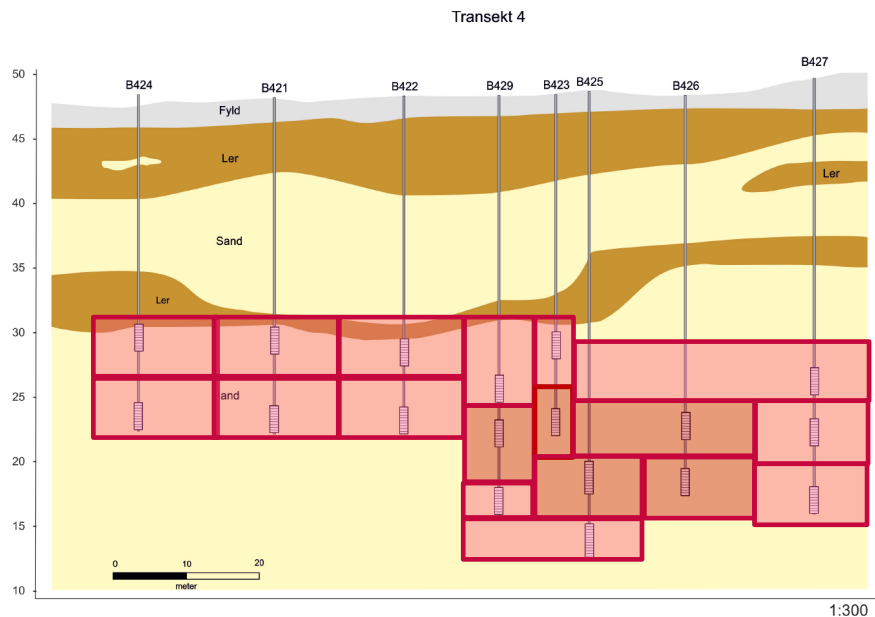
- Sigteanalyser – K meget lokal mulighed for mange prøver i dybden
- Slugtest – K lokal
- Pumpetest – K område

Fluxberegning, K fra slugtests



Diskretiseret fluxberegning - sum chlorerede
(Slugtests * Koncentration) for hver filter

Gennemsnits fluxberegning - sum chlorerede
Gns. K fra Slugtests * Gns. koncentration alle filtre



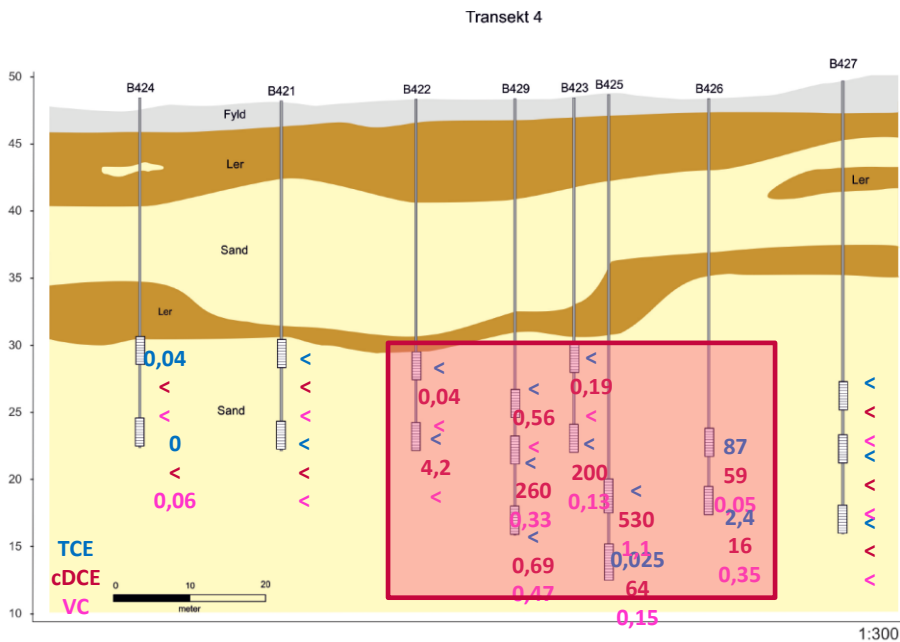
J = 26 g chlorerede/år
Forureningsflux primært i 5 filtre!

J = 51 g chlorerede/år

Fluxberegning, K fra slugtests og pumpetest

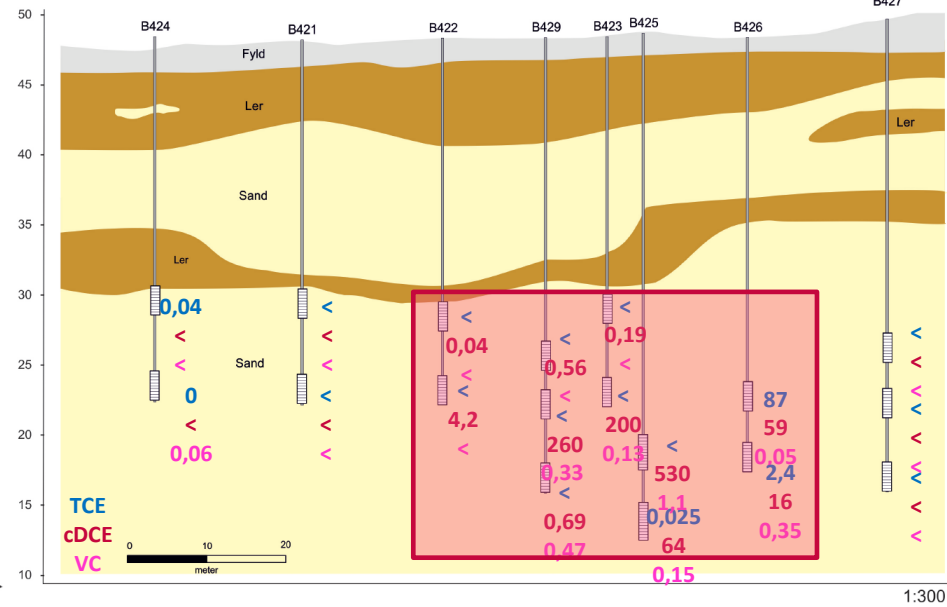


Fluxberegning - sum chlorerede
Gns. K fra Slugtests * Gns. Konc. alle filtre i firkant



J = 55 g chlorerede/år

Fluxberegning - sum chlorerede
Gns. K fra korttidspumpetests med H= 40 m *
Gns. koncentration for alle filtre



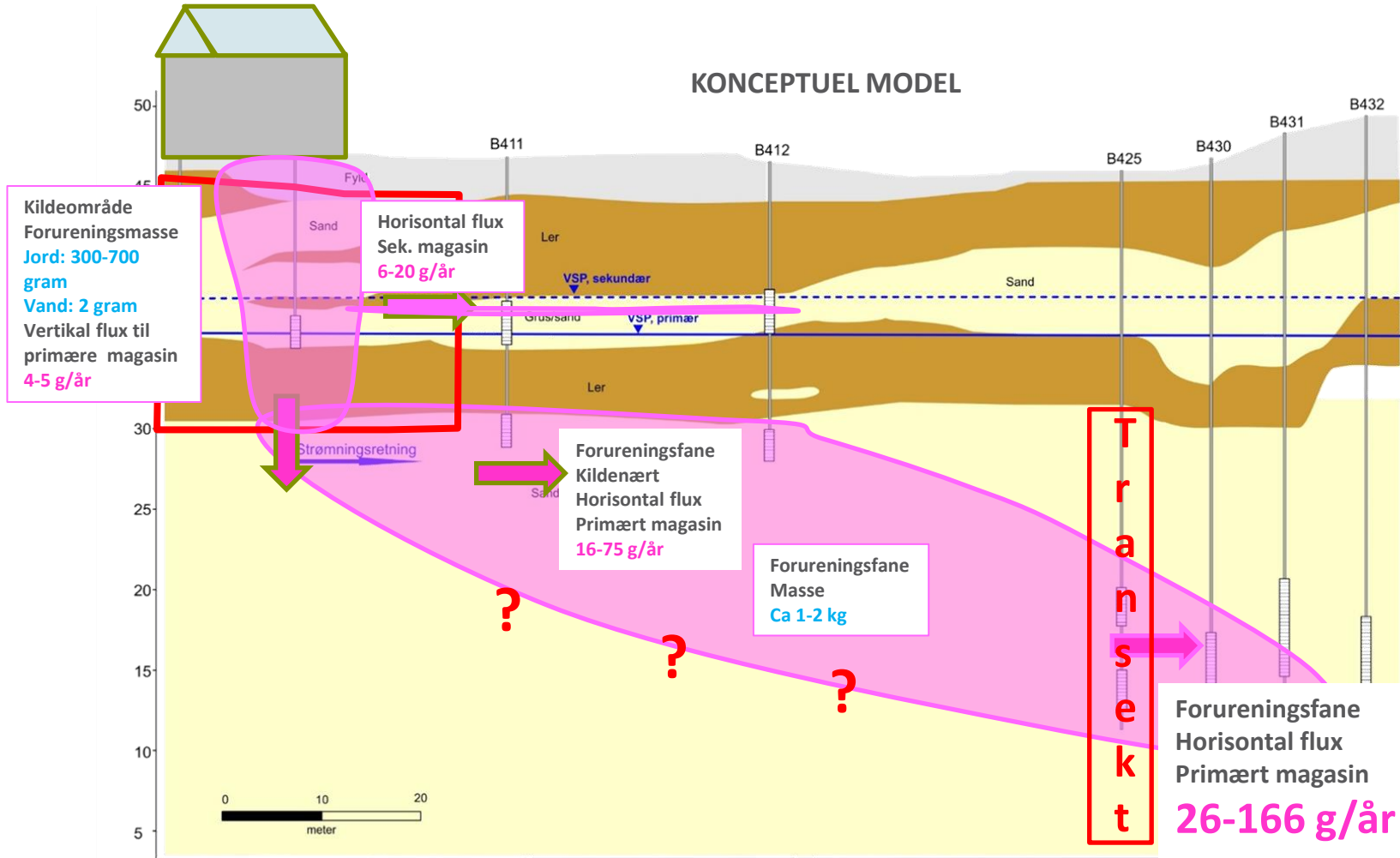
J = 166 g Chlorerede/år (H=40)

J = 664 g Chlorerede/år (H=10)!!

Forureningsflux primært magasin



KONCEPTUEL MODEL



664 g/år H=10!!

Opsamling - fordele og ulemper ved anvendelse af et boringstransekt



Fordele

- God kortlægning af geologi og hydrogeologi i hele transektet (vertikalt og horisontalt)
- Detaljeret viden om lokalisering af vandforurening – evt. påvisning af forskellige forureninger i transektet
- Detaljeret viden om den hydrauliske ledningsevne i mange punkter
- Detaljeret viden om forureningsflux i hele transektet – hvor strømmer mest forurening og hvor meget
- Detailviden til planlægning af evt. afværge

Ulemper

- Økonomiske omkostninger
 - Mange dybe boringer kan være omkostningsfulde
 - Mange tests og vandprøver