

Maapadon vedenläpäisevyyden pienentäminen orgaanis pohjaisella injektioinnilla

Saara Lassila

22.08.2019

Taustaa

- Diplomityö: A-Insinöörit, Aalto-yliopisto ja TU Delft
- Delftin yliopiston tutkimusprojekti
- **Diplomityön otsikko:** Soil permeability reduction by injecting organic matter and aluminum: field data analysis

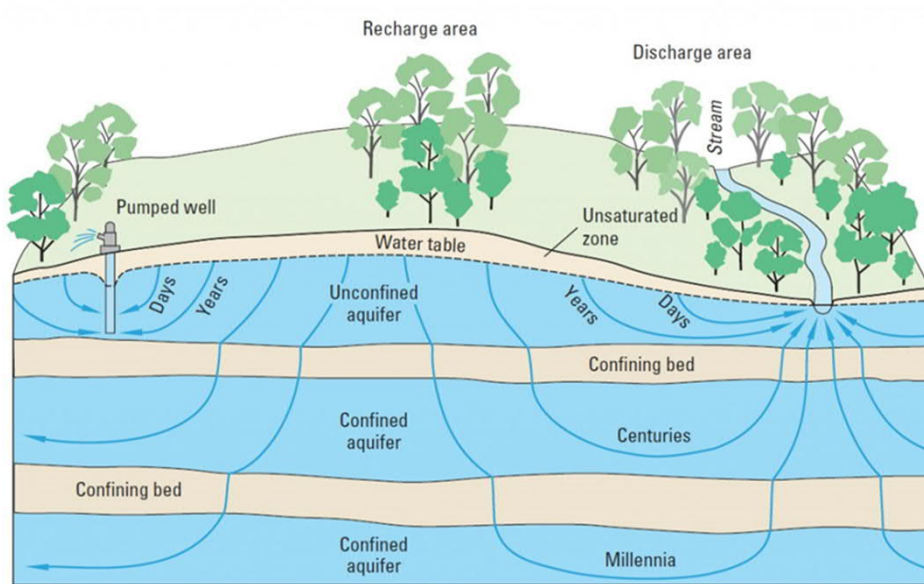
Sisältö

- Akviferin ominaisuuksia
- SoSEAL (Soil Sealing by Enhanced Aluminum and DOM Leaching)-tekniikka
- Injektointi
- Datan analysointi ja tulokset
- Johtopäätökset ja suositukset

Akviferit



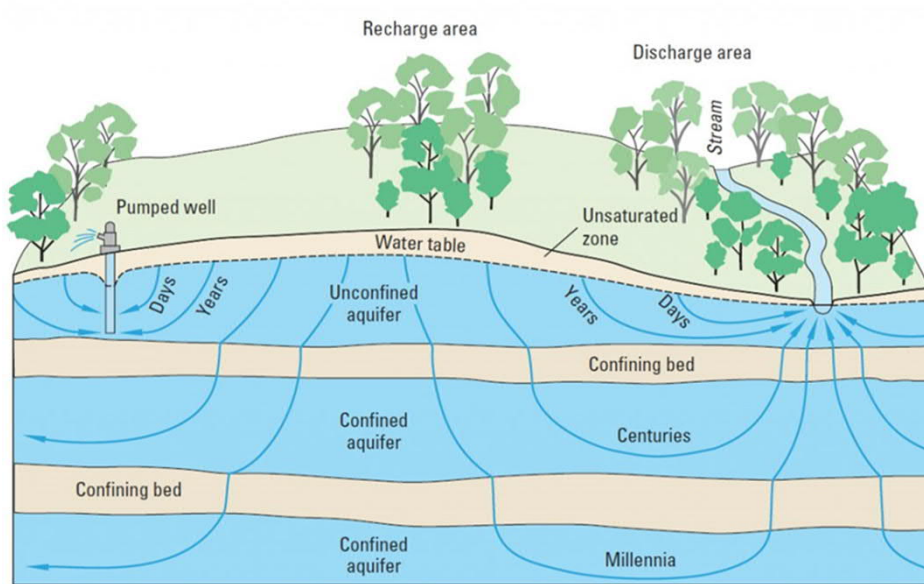
Pohjavesi: akviferi ja sen parametrit



Parametrit:

- Permeabiliteetti k (m^2), hydraulinen johtavuus K (m/s) ja transimissiviteetti T (m^2/s)
- Varastokerroin S : ominaisvarasto S_s ja ominaisantoisuus S_y
 - $S = S_s * b + S_y$
- Tiiviille keskikarkealle hiekalle tyypillisiä arvoja:
 - $K = 5 - 20$ m/d,
 - $S_s = 10^{-3} - 10^{-5}$ 1/m
 - $S_y = 0.1 - 0.3$

Pohjavesi: akviferit ja sen parametrit



Akviferin ominaisuuksia:

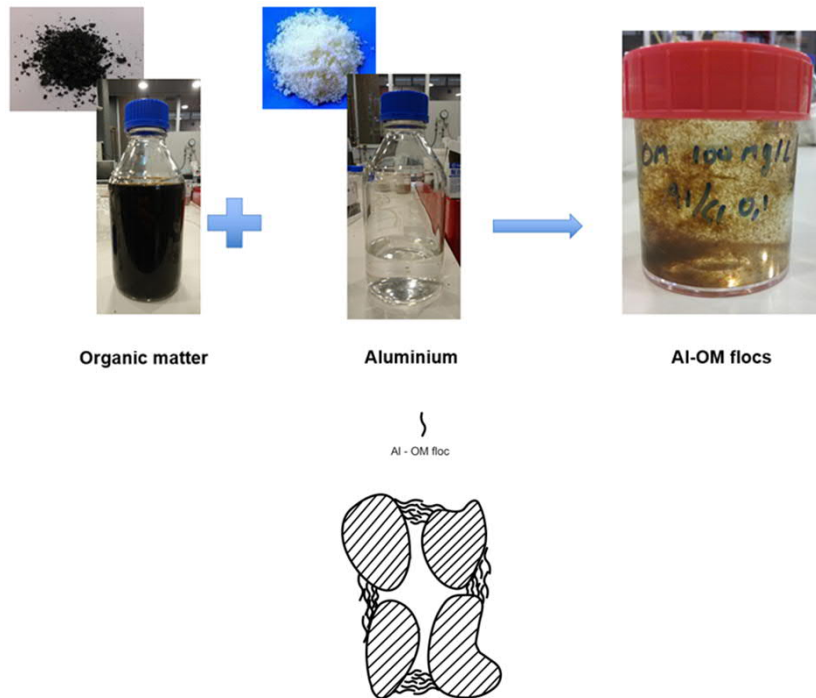
- Vapaapintainen tai paineellinen akviferi
- Vapaapintaisella $S=S_y$, koska $S_y \gg S_s \cdot b$
- Paineellisella $S= S_s \cdot b$
- Homogeeninen, heterogeeninen
- Isotrooppinen tai anisotrooppinen : K_x/K_z -suhde

SoSEAL ja testausjärjestelyt



SoSEAL-tekniikka maapatojen kunnostamisessa

(Soil Sealing by Enhanced Aluminum and DOM Leaching)



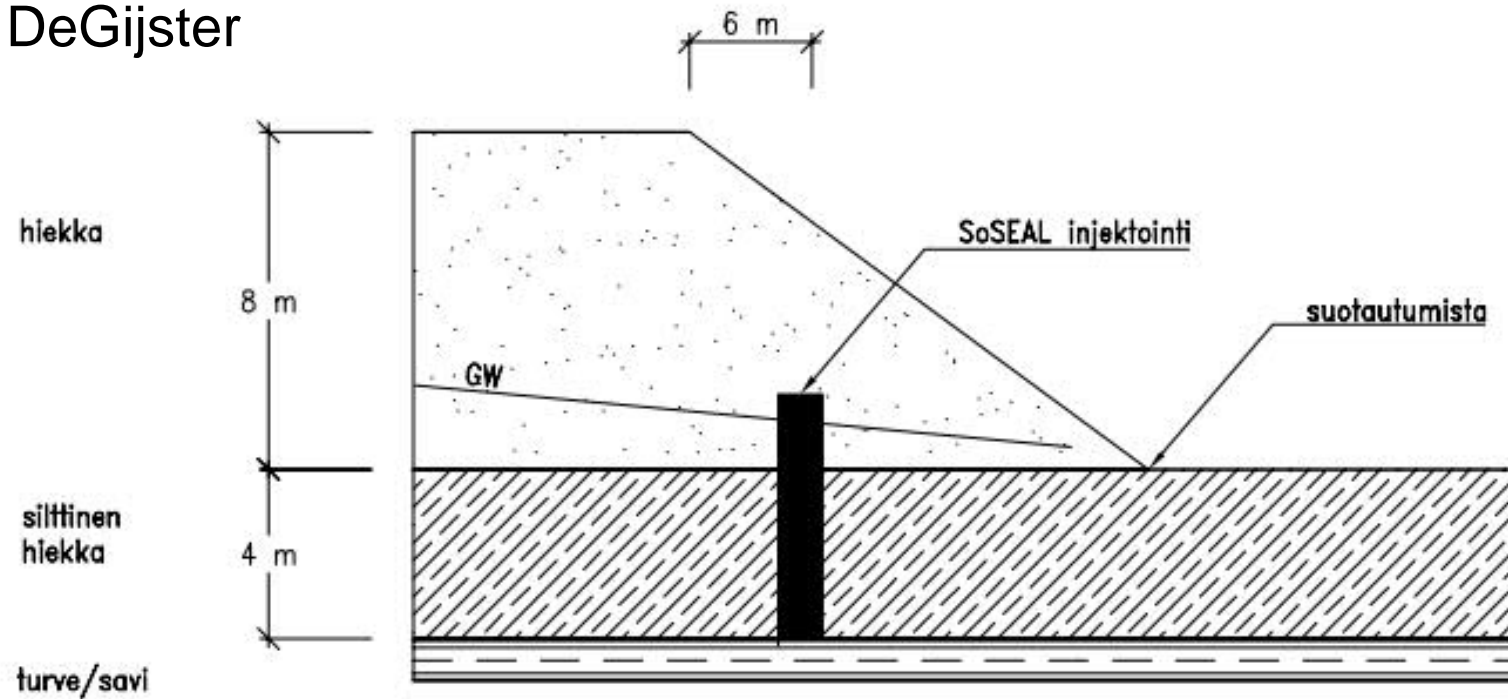
- Alumiini ja orgaaninen aine saostuu muodostaen maapartikkelien välejä tukkivia hiutaleita

Kuvat: Chiara Bonfiglio

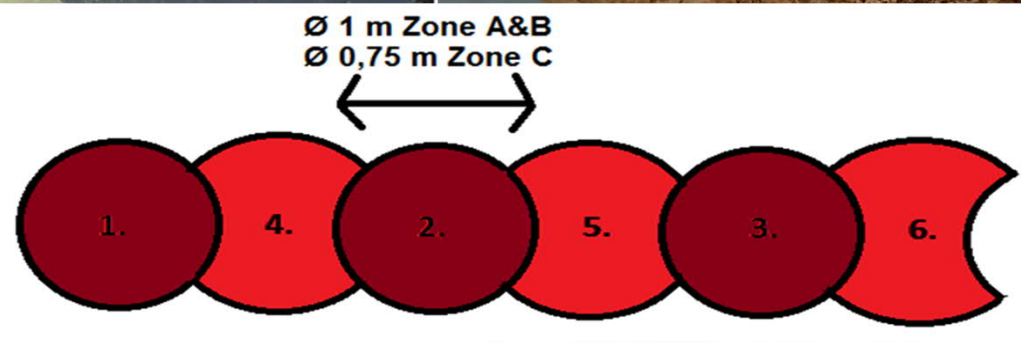
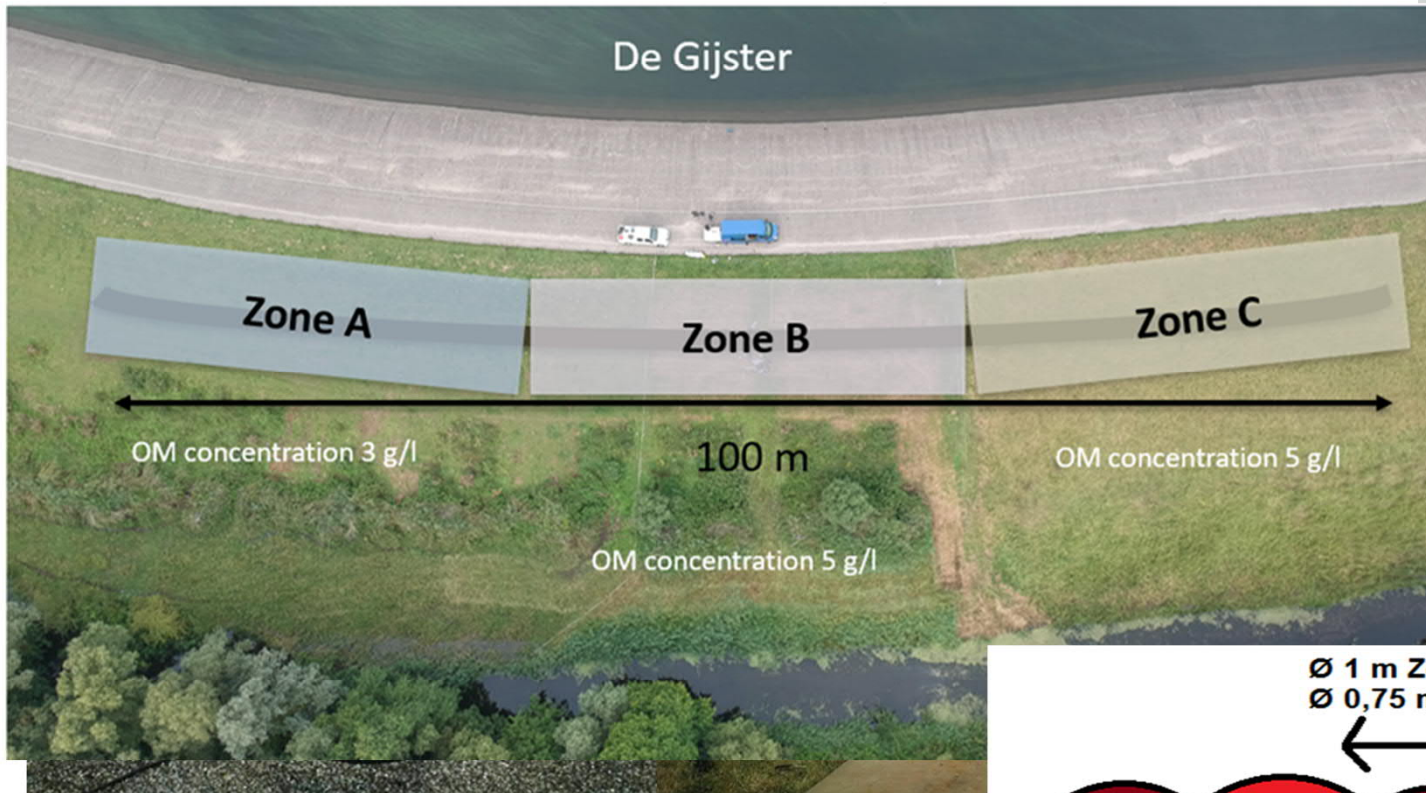
SoSEAL-tekniikka maapatojen kunnostamisessa

(Soil Sealing by Enhanced Aluminum and DOM Leaching)

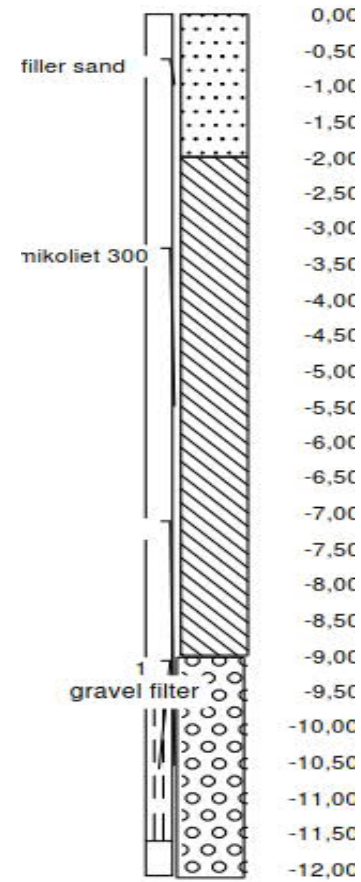
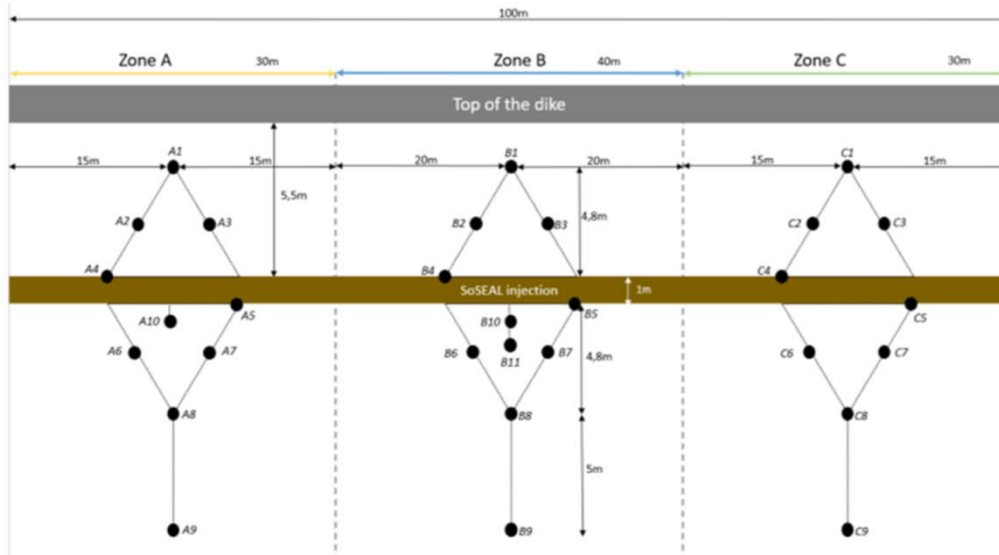
DeGijster



Injektointi



Monitorointi



Data

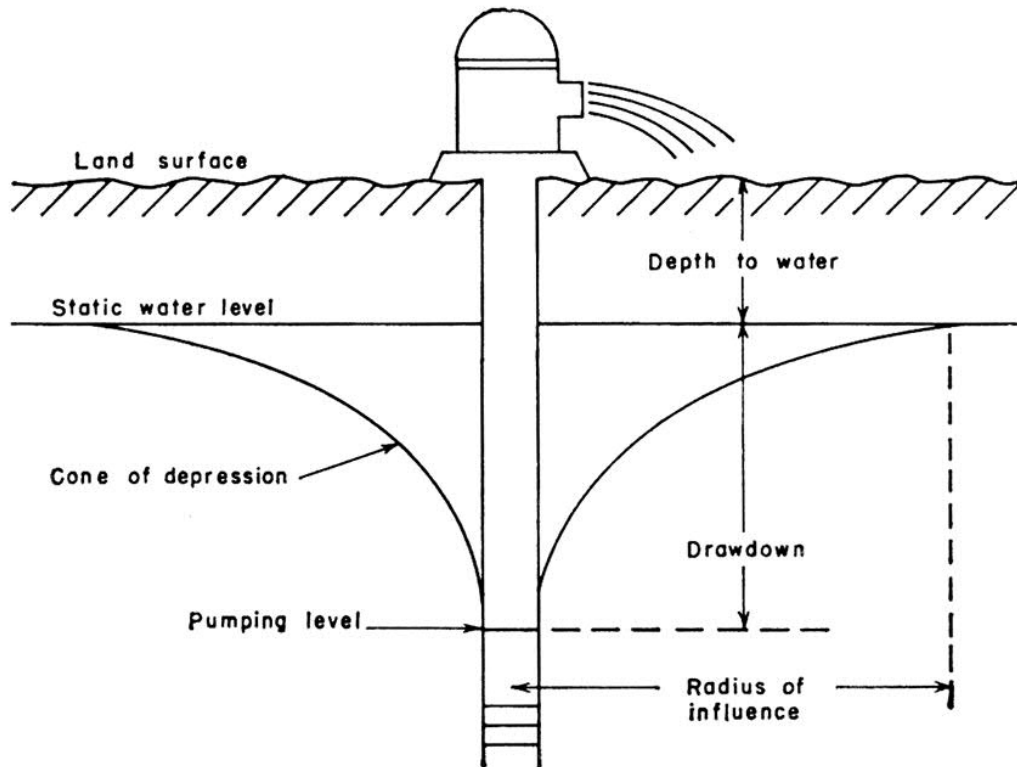
Date & Time	Water level N.A.P. (cmH2O)	Pressure (cmH2O)	Temperature (Celsius)	Spec.cond. (mS/cm)
15-6-2018 10:10:00	208.300	1318.925	11.920	0.448
15-6-2018 10:10:10	208.299	1318.925	11.910	0.449
15-6-2018 10:10:20	208.357	1318.983	11.900	0.449
15-6-2018 10:10:30	208.473	1319.100	11.887	0.448
15-6-2018 10:10:40	208.472	1319.100	11.877	0.448
15-6-2018 10:10:50	208.647	1319.275	11.863	0.448
15-6-2018 10:11:00	208.587	1319.217	11.853	0.449
15-6-2018 10:11:10	208.587	1319.217	11.843	0.449
15-6-2018 10:11:20	208.586	1319.217	11.833	0.448
15-6-2018 10:11:30	208.585	1319.217	11.823	0.448
15-6-2018 10:11:40	208.468	1319.100	11.810	0.448
15-6-2018 10:11:50	208.467	1319.100	11.800	0.449
15-6-2018 10:12:00	208.467	1319.100	11.790	0.449
15-6-2018 10:12:10	208.466	1319.100	11.783	0.449
15-6-2018 10:12:20	208.465	1319.100	11.773	0.448
15-6-2018 10:12:30	208.465	1319.100	11.763	0.448
15-6-2018 10:12:40	208.464	1319.100	11.757	0.448
15-6-2018 10:12:50	208.638	1319.275	11.750	0.449
15-6-2018 10:13:00	208.638	1319.275	11.740	0.449
15-6-2018 10:13:10	208.695	1319.333	11.733	0.449

- Hydraulisen gradientin muutos
- Paineenmuutos pohjalla
- Veden sähkönjohtavuus

Pumppauskokeet ja tulosten käsittely



Pumppauskokeet



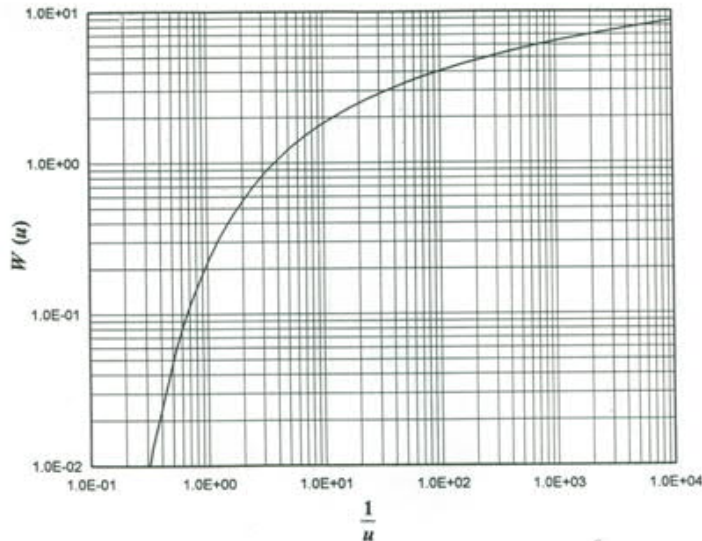
- Vettä pumpataan joko kaivosta tai kaivoon
- Mittaukset joko pumpattavasta kaivosta (single-well) tai ympärillä olevista kaivoista (multi-well)
- Kesto noin 10 minuutista useaan päivään

Neuman (1975) menetelmä

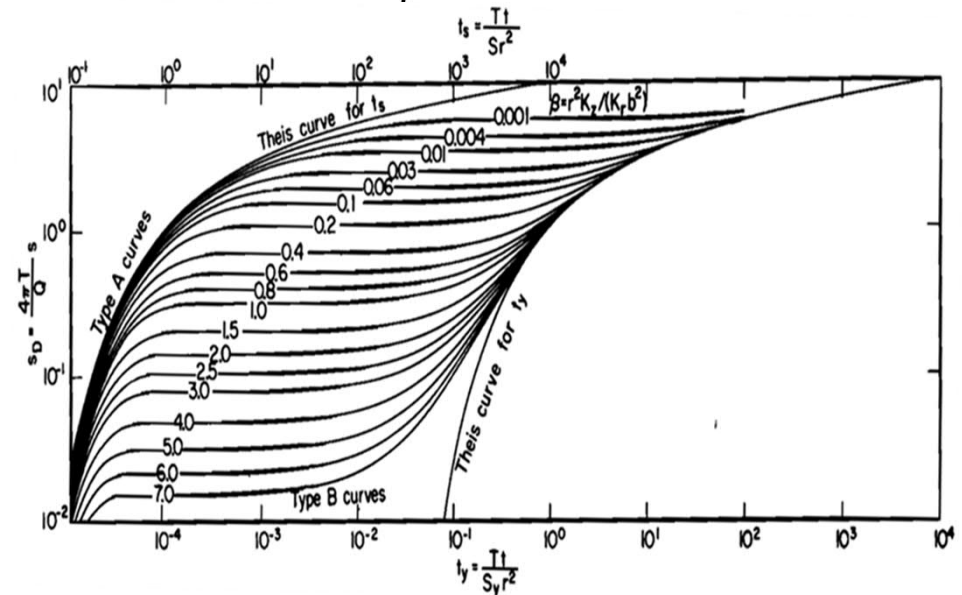
Perustuu Theisin (1935) menetelmään

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

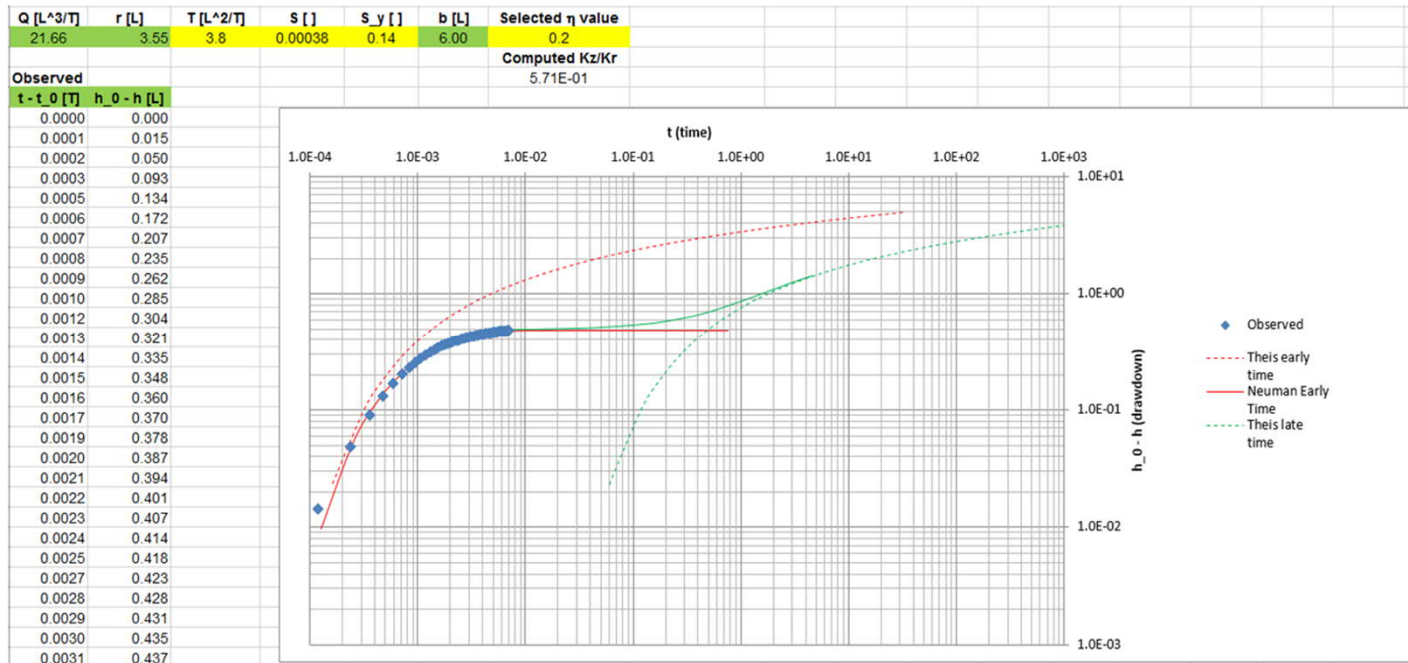
$$u = \frac{r^2 S}{4T(t-t_0)}$$



- $h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} W(u_A, u_b, \eta)$
- $t_s = u_A = \frac{r^2 S}{4T(t-t_0)}$
- $t_y = u_B = \frac{r^2 S_y}{4T(t-t_0)}$
- $\beta = \eta = \frac{r^2 K_z}{b^2 K_r}$



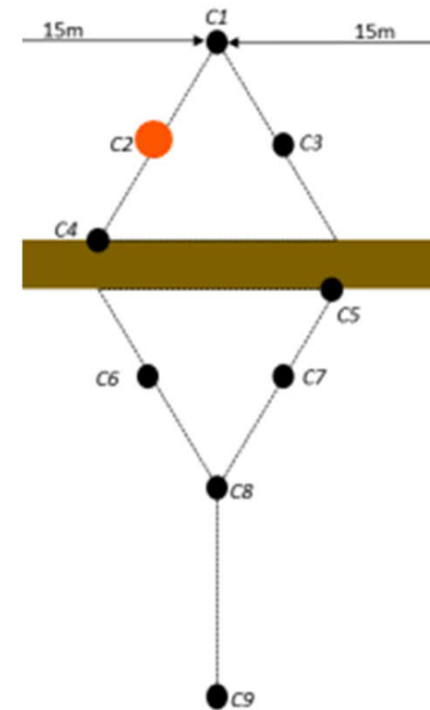
Mittausdatan sovittaminen tyypikäyriin



- aika päivinä ja etäisyys metreinä
- $T = [m^2/d]$
- vihreä =muuttumaton
- keltainen= sovitetaan käyriin

Esimerkki Neuman (1975) menetelmän tuloksista

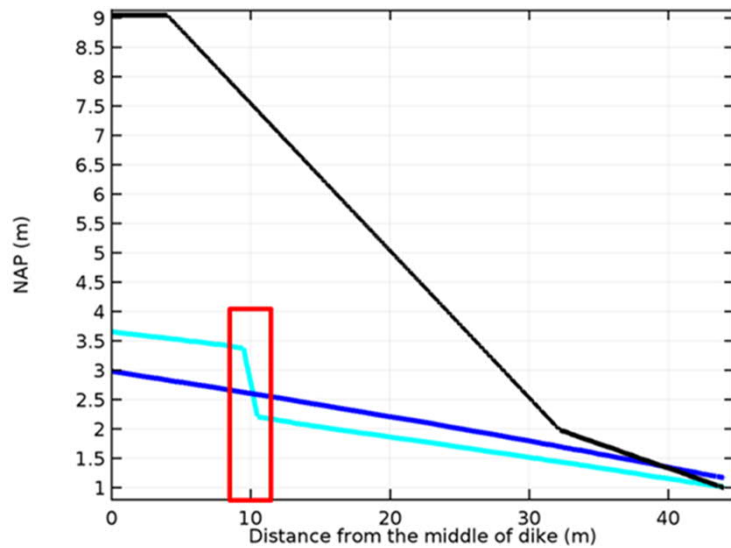
Well	K_{before} [m/d]	K_{after} [m/d]	$K_{\text{after}}/K_{\text{before}}$	S_{before}	S_{after}	$S_{\text{after}}/S_{\text{before}}$
C1	1.38	1.16	0.84	$7.0 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$	0.16
C3	1.51	2.13	1.41	$1.0 \cdot 10^{-3}$	$8.0 \cdot 10^{-4}$	0.80
C4	2.4	1.27	0.53	$8.9 \cdot 10^{-4}$	$6.0 \cdot 10^{-4}$	0.67
C5	1.97	1.68	0.85	$5.0 \cdot 10^{-4}$	$3.4 \cdot 10^{-4}$	0.68
C6	1.89	1.71	0.90	$4.2 \cdot 10^{-4}$	$1.0 \cdot 10^{-3}$	2.83
C7	2.27	1.99	0.87	$4.0 \cdot 10^{-4}$	$6.2 \cdot 10^{-4}$	1.55
C8	2.32	2.11	0.91	$3.0 \cdot 10^{-4}$	$5.7 \cdot 10^{-4}$	1.90
C9	5.27	3.21	0.61	$2.2 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	0.77



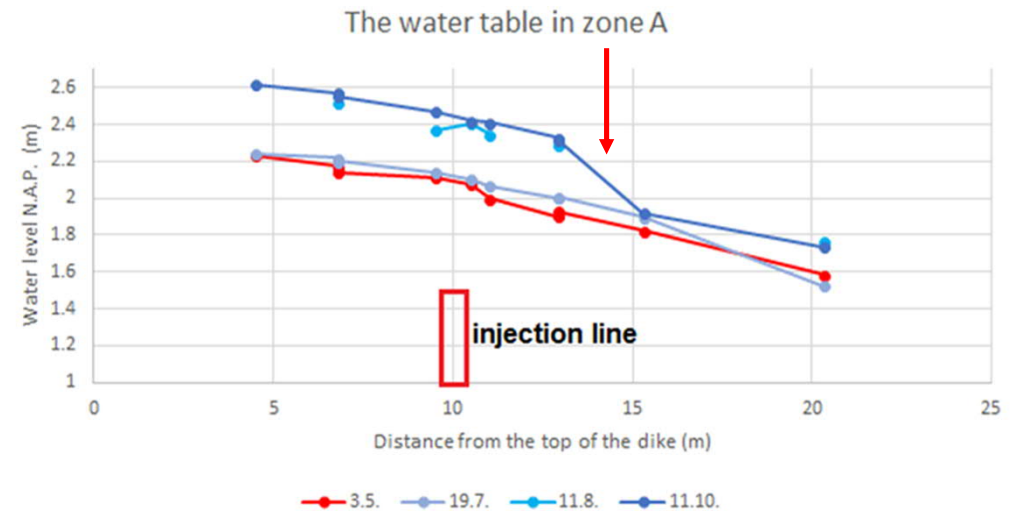
→ Ei merkittävää muutosta arvoissa

→ Muutokset eri puolilla injektointilinjaa epäkoherentteja

Muutoksen tarkastelu muilla menetelmillä



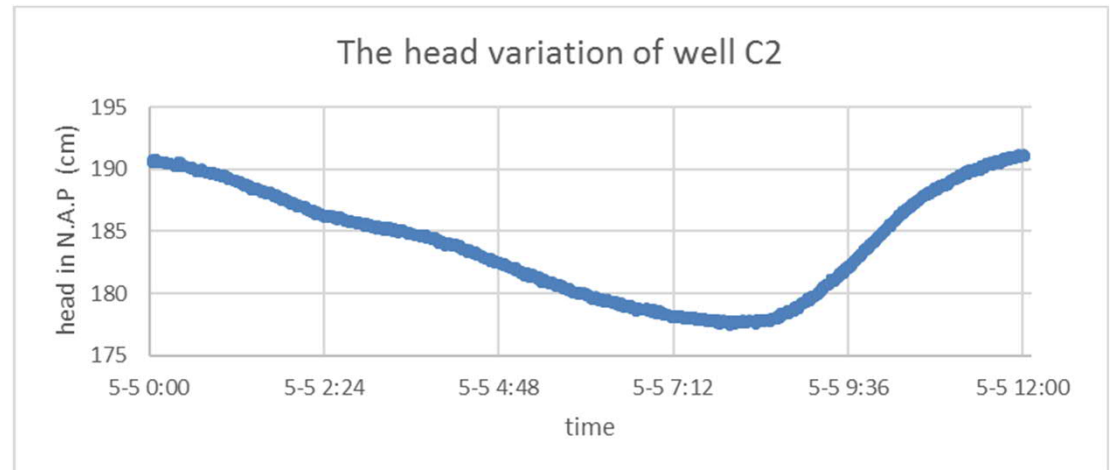
Mallinnus



Mitattu

Epävarmuus- ja virhetekijät

- Akviferin heterogeenisyys
- Vuoroveden vaikutus
- Pumppauskokeiden kesto
- Käyrien manuaalinen sovitus



Johtopäätökset ja suositukset



Johtopäätökset

- Neumanin menetelmällä ei havaita suuria muutoksia K ja S-arvoissa
- Neuman menetelmä ei ole sopiva analysointi työkalu tähän tapaukseen
- Hydraulinen gradientti muuttui
- Injektoinnin jälkeen vedenpinnan alenema monitorointikaivoissa viivästyi
- Injektointi on levittäynyt laajemmalle alueelle kuin 1 m

Suosituksset

- Analysointimenetelmän vaihtaminen
 - Butler: Ottaa huomioon sädesuuntaisen epäjatkuvuuden
 - Theis: yksinkertainen menetelmän, joka mahdollistaa virhetermin eliminoinnin
- Käyriensovitukseen automatisoitu työkalu
- Kairauksia/maanäytteitä
- Lisää laboratorionkokeita
 - Injektiointipaineen vaikutus
 - Pohjaveden virtauksen vaikutus hiutaleisiin

Kiitos mielenkiinnosta!

Kysymyksiä?

