

# Geo

SUBSURFACE EXPERTISE

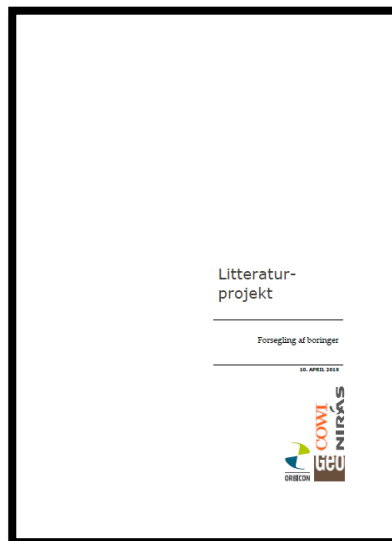
# Utætte boringer – et problem vi skal gøre noget ved

## Laboratorie- og feltforsøg

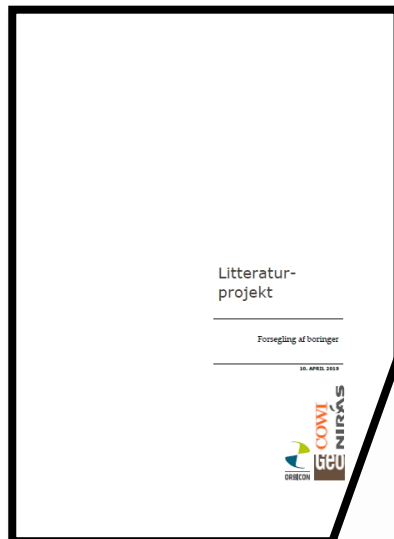
Jens Baumann  
Fagteknisk chef  
Geo



# Produkter



# Produkter



# Laboratorie- og feltforsøg

## Forsøg med pellets

Hydraulisk ledningsevne under realistiske forhold, hårdt og blødt vand, boremudder og saltvand, hvornår er der vand nok til opkvældning og tørrer pellets ud mv.

## Forsøg med grout

Sammensætning og blanding, hydraulisk ledningsevne, overgange til andre materialer og spredning til formation, vedhæftning og varmeudvikling

# Forsøg med pellets

- Tæthed af forsegling
- Vandtypens betydning
- Umættet zone. Opkvældning og udtørring
- Sløjfning af boringer med pellets



# Forsegling med pellets

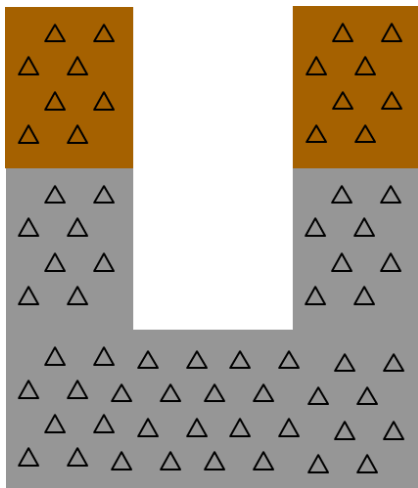
Måling af tæthed, densitet, vandindhold og styrke i en pelletsforsegling under realistiske forhold

**HVORDAN**

# Forsøgning med pellets

Måling af tæthed, densitet, vandindhold og styrke i en pelletsforsegling under realistiske forhold

## HVORDAN

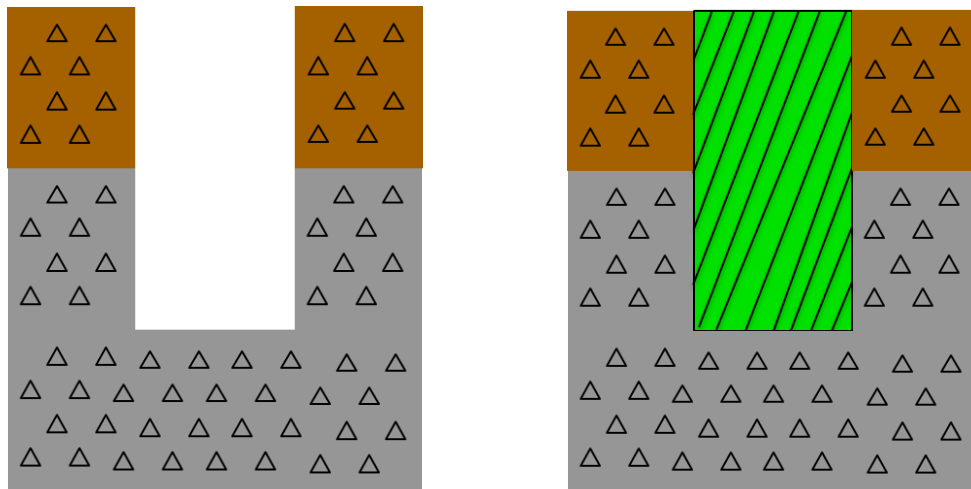




# Forsegling med pellets

Måling af tæthed, densitet, vandindhold og styrke i en pelletsforsegling under realistiske forhold

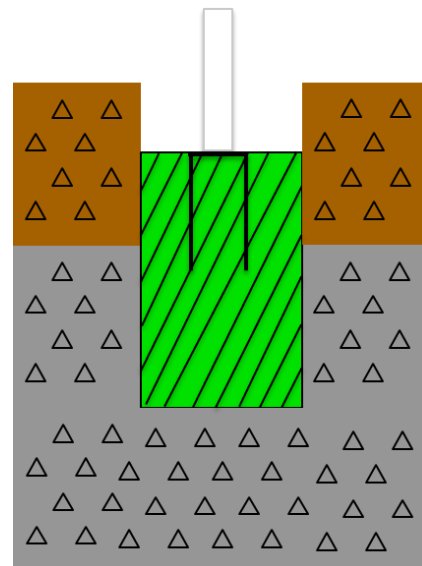
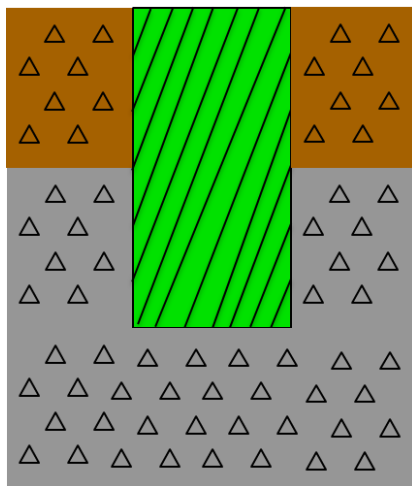
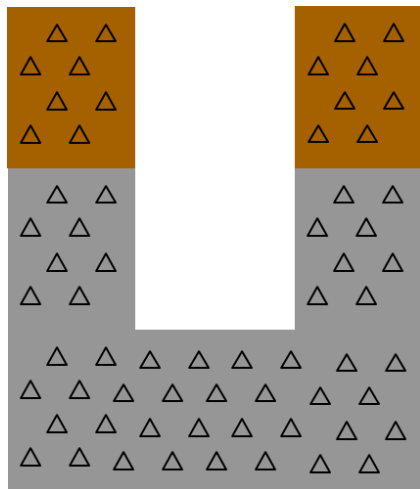
## HVORDAN



# Forsegling med pellets

Måling af tæthed, densitet, vandindhold og styrke i en pelletsforsegling under realistiske forhold

## HVORDAN

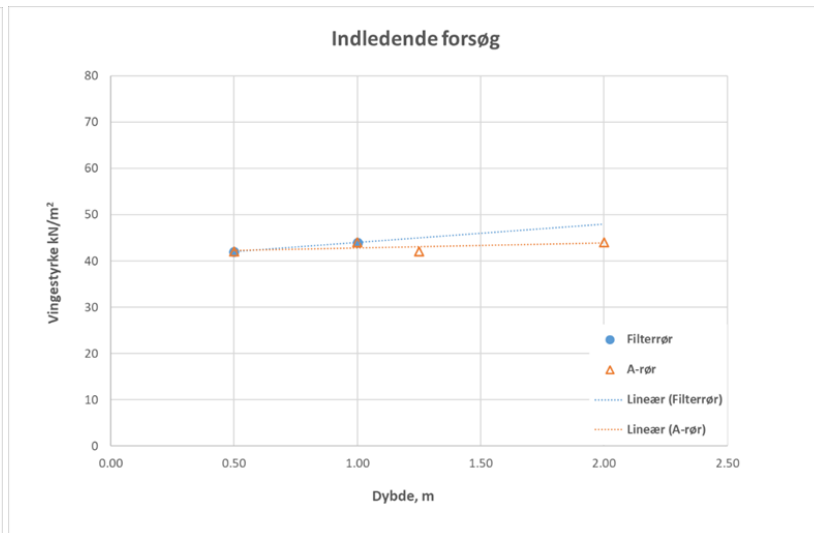
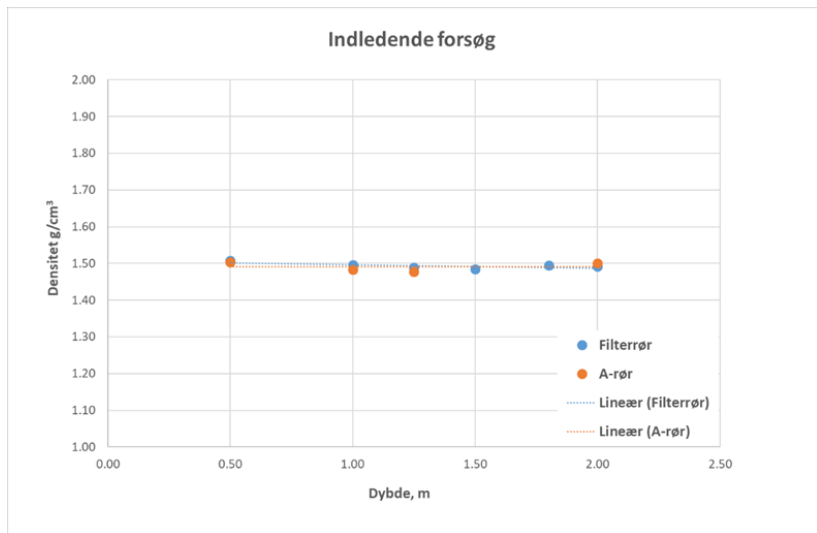


# Test af prøvetagning

- Ø 165 mm slidserør fyldt med pellets
- Placeret i et tæt Ø225 mm vandfyldt rør
- Kvældningsperiode 1½ måned
- Pelletsfyldt filterrør skåret i 4 stykker
- Udtagning af intakte A-rørs prøver

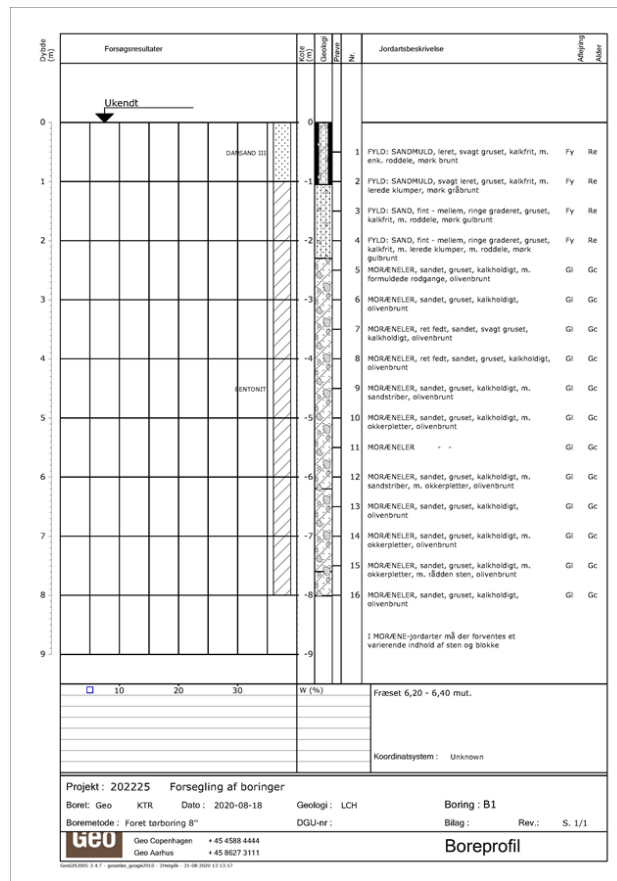


# Sammenligning af densitet og vingestyrke



# Pellets i boringer

- 3 boringer til 8m
- Fyld over moræneler
- GVS 5,6m u.terræn
- 3 typer pellets – 1 type pr. boring
- DantoplugSuper, Mikolit B og Mikolit 300
- Vente 2 måneder
- Udtaget 5 intakte prøver i hver boring (A-rør)
- Test af hydraulisk ledningsevne



# Dantoplug Super i morænelersboring

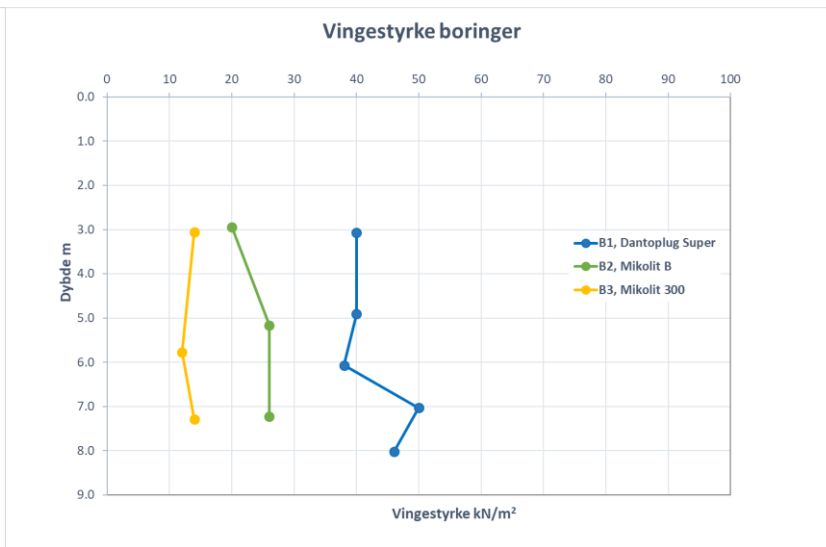
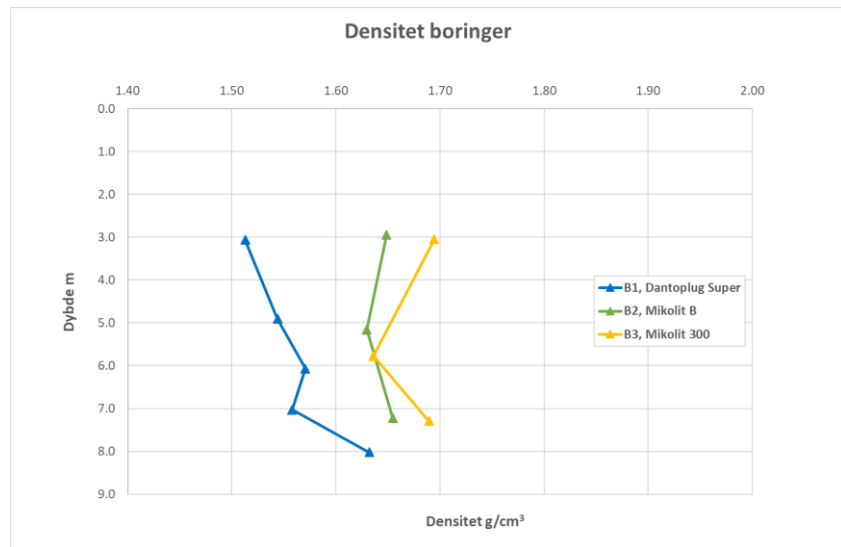


Over vandspejlet



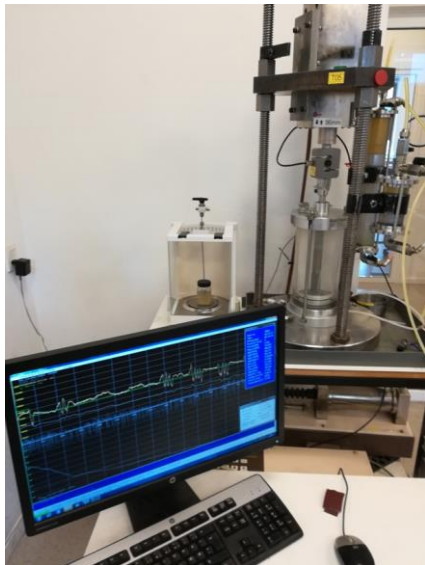
Under vandspejlet

# Densitet og vingestyrke

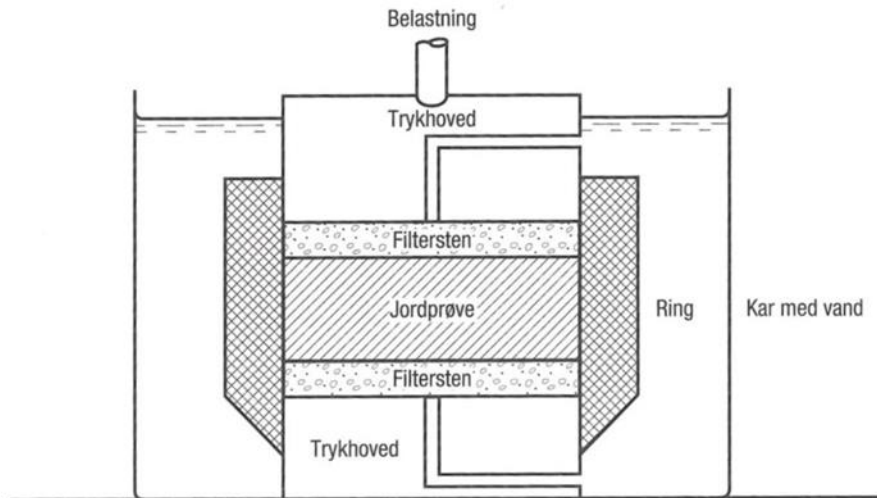


# Hydraulisk ledningsevne – 2 metoder

Gennemstrømning

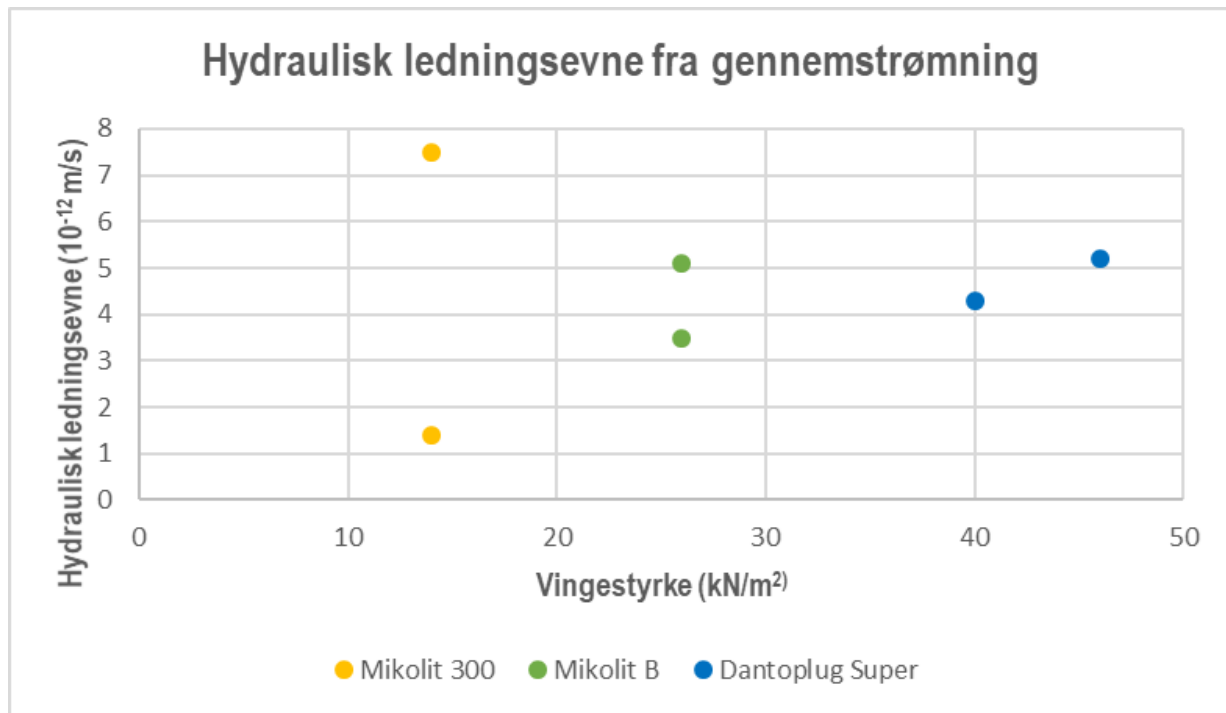


Svælforsøg

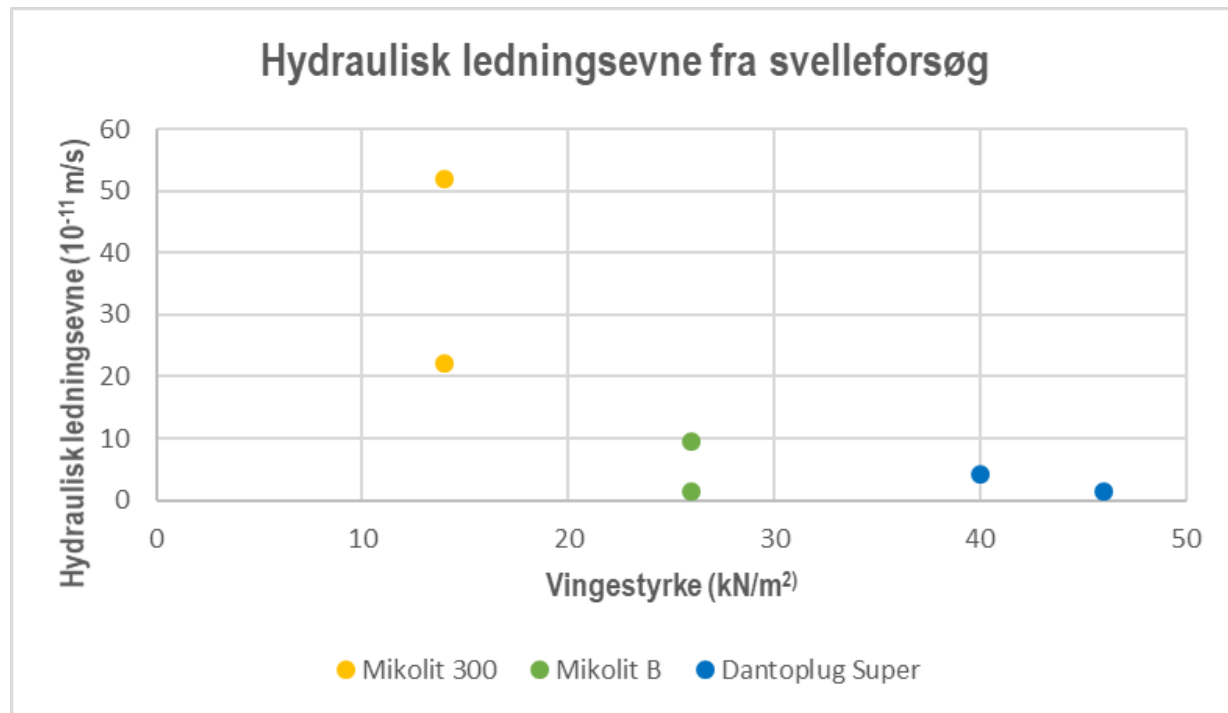




# Gennemstrømning



# Udledt fra svelleforsøg



# Konklusion

- Hydraulisk ledningsevne bør måles ved svelleforsøg, ikke gennemstrømningsforsøg
- En høj vingestyrke er vigtig for forseglings svellekapacitet og modstand mod udvaskning
- Et højt svelletryk er vigtigt for forseglings selvhelende egenskab
- Alle tre typer pellets har en tilfredsstillende hydraulisk ledningsevne
- Dantoplug Super har den højeste vingestyrke
- Mikolit B og Dantoplug Super har den højeste svelletryk

# Konklusion fortsat

Pelletstype	Hydraulisk ledningsevne, gennemstrømning	Hydraulisk ledningsevne, svelleforsøg	Vingestyrke	Svettetryk	Samlet
Dantoplug Super	2	3	3	3	11
Mikolit B	2	3	2	3	10
Mikolit 300	2	2	1	1	6

# Vandtypens betydning

## Forsøg med 3 typer pellets:

- Mikolit 300
- Mikolit B
- Dantoplug Super

## 4 vandtyper:

- Blødt vand (Hårdhed 4)
- Hårdt vand (Hårdhed 24)
- Saltvand (Salinitet 1,2 g/l)
- Boremudder

# Vandtypens betydning

## Forsøg med 3 typer pellets:

- Mikolit 300
- Mikolit B
- Dantoplug Super

## 4 vandtyper:

- Blødt vand (Hårdhed 4)
- Hårdt vand (Hårdhed 24)
- Saltvand (Salinitet 1,2 g/l)
- Boremudder



# Blødt vand

Blødt vand

DantoplugSuper



Mikolit B



Mikolit 300



# Hårdt vand

Hårdt vand

**DantoplugSuper**



**Mikolit B**



**Mikolit 300**





# Boremudder

Boremudder

DantoplugSuper



Mikolit B



Mikolit 300



# Saltvand

Saltvand

DantoplugSuper



Mikolit B

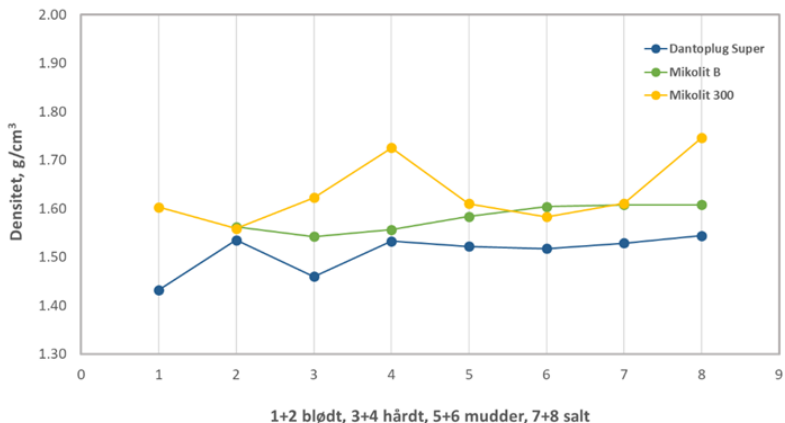


Mikolit 300

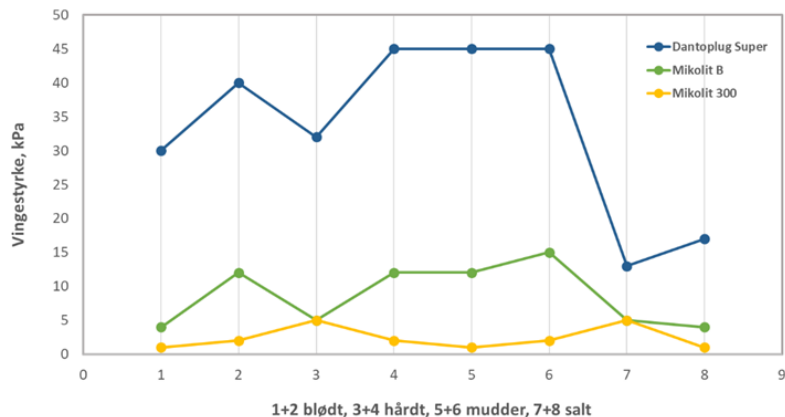


# Densitet og vingestyrke

Densitet



Vingestyrke



# Konklusion for vandtyper

Vandtype	Dantoplug Super	Mikolit B	Mikolit 300
<b>Blødt vand</b>	<1 % porer	Ingen synlige porer	1-3 % porer 1 mm store
<b>Hårdt vand</b>	Ingen synlige porer	Ingen synlige porer	1-2 % porer 1-2 mm store
<b>Boremudder</b>	<1 % porer	<1 % porer	1-3 % porer 0-2 mm store
<b>Saltvand</b>	1-5 % porer Inhomogen	1-3 % porer 1-5 mm store Grynet struktur	30-40 % porer Inhomogen, pelletsstruktur tydelig. Pellets er kvædet på ydernsiden, men ikke i indeni

# Konklusion for vandtyper

	Blødt vand	Hårdt vand	Boremudder	Saltvand
Dantoplug Super	3	3	3	-
Mikolit B	2	2	2	-
Mikolit 300	1	1	1	-

Signatur: 1 -3 egnetheds karakter, - uegnet

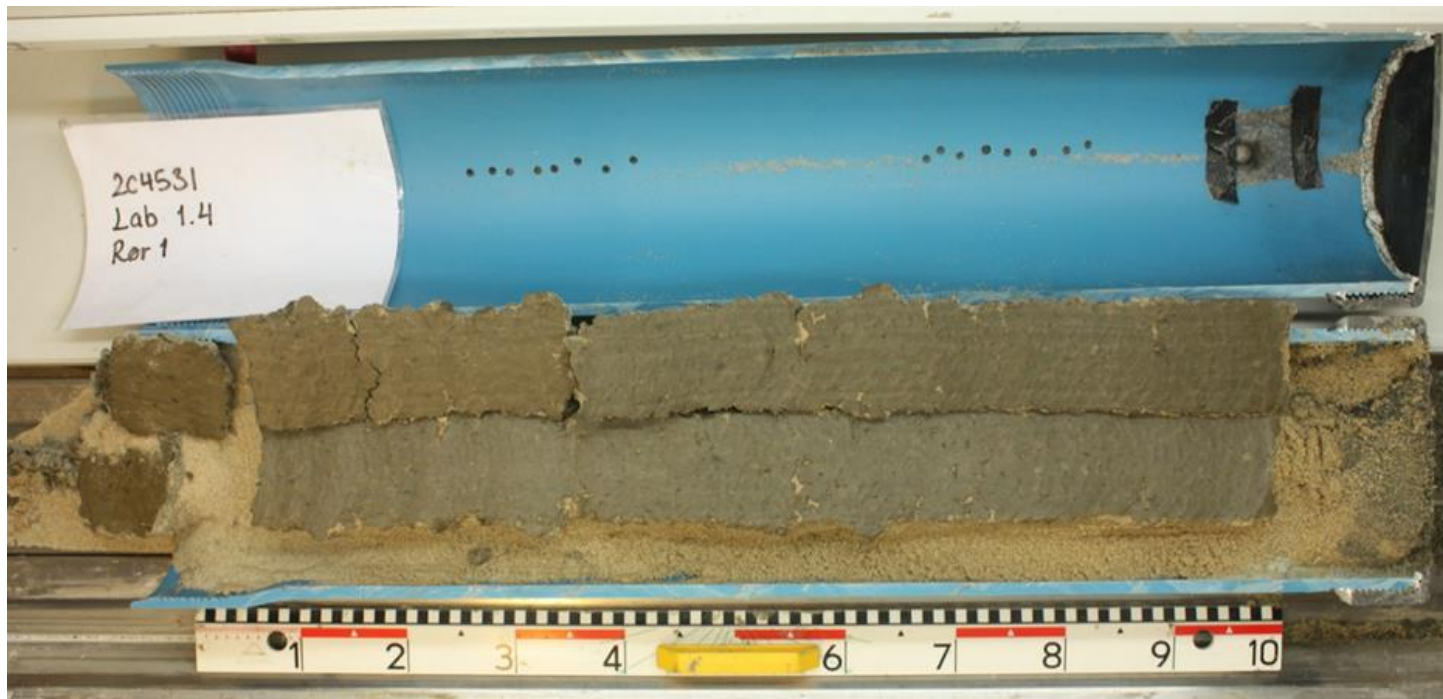
# Pellets i umættet zone



# Udtagning af prøver til vandindhold



# Opskæring efter 3 mdr./5 mdr. - regn





# Opskæring efter 3 mdr./5 mdr.

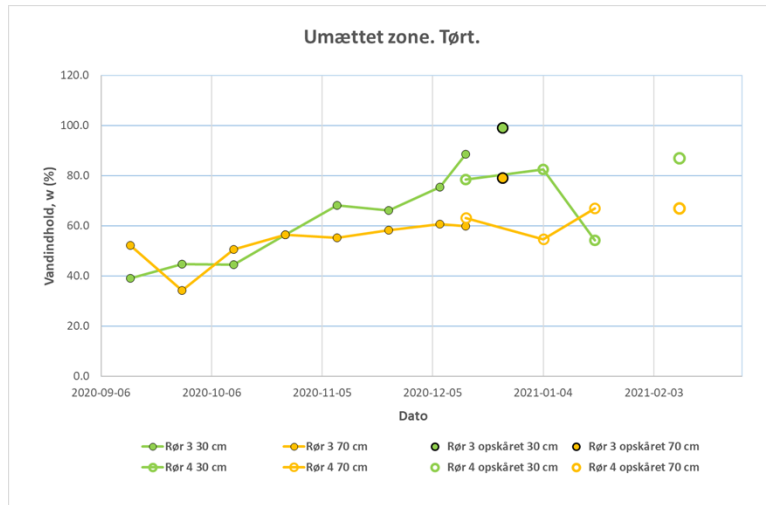
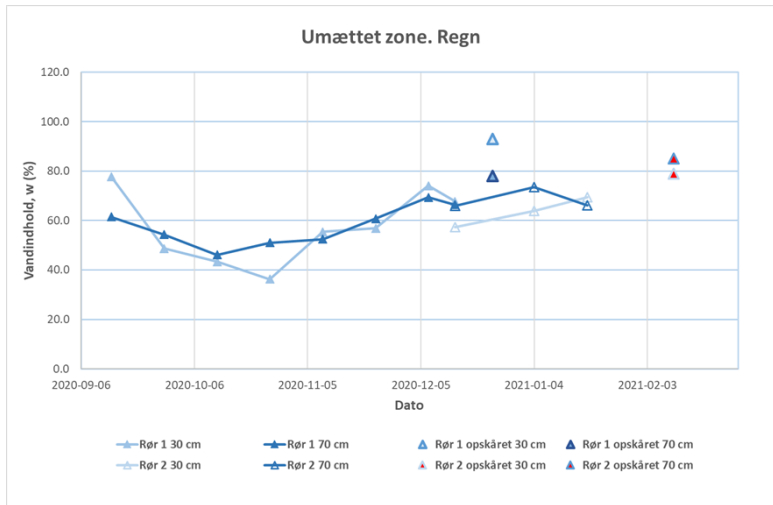


Regn

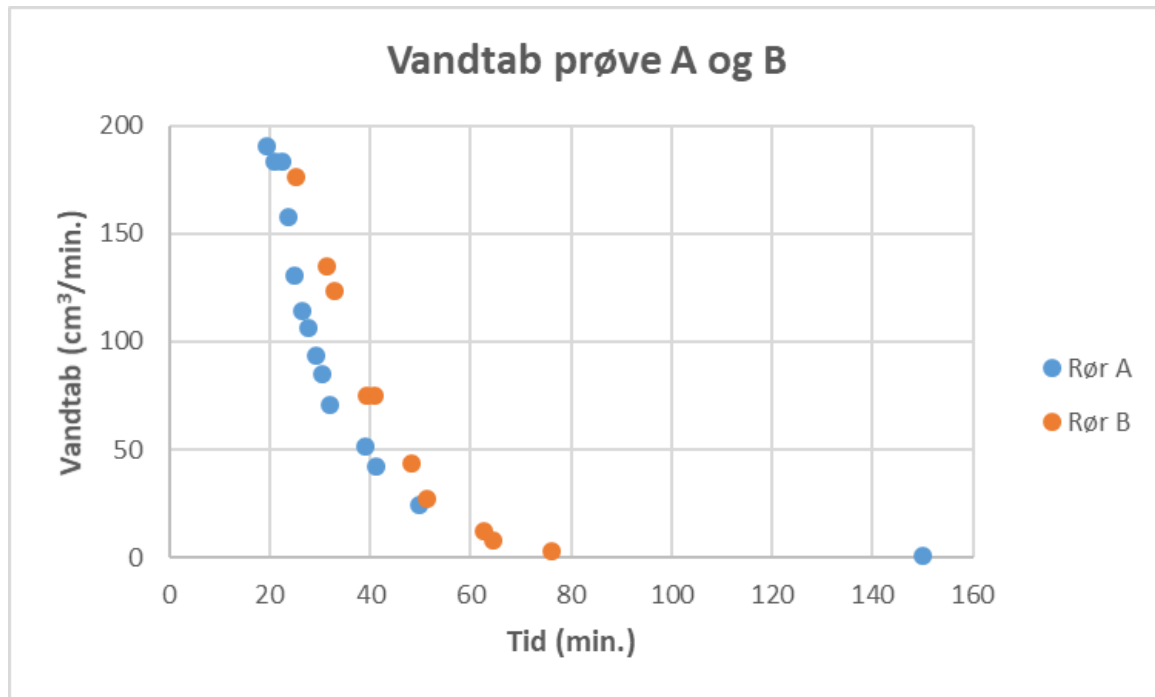


Tørke

# Udvikling i vandindhold



# Opkvældning ved gennemstrømning



# Opkvældede prøver ved gennemstrømning



# Konklusion vedr. umættet zone

- En pelletsforsegling kan etableres i umættet zone, såfremt det er muligt at holde de installerede pellets under vand under etableringen, eller ved at gennemstrømme med en lille vandmængde i 15-20 min.
- En pelletsforsegling kvælder da op til en homogen struktur med et vandindhold, som ligger lidt i underkanten af hvad der opnås med fuld tilgang til vand
- En pelletsforsegling, der er opkvældet, tørrer ikke ud selv ved langvarig tørke
- Tilsyneladende sker der en yderligere opfugtning af en pelletsforsegling når der kommer regn efter en tør periode

# Sløjfning af boringer med pellets



# Dantoplug Super



# Mikolit B





# Mikolit 300



# Konklusion sløjfning

- Rimelig homogen opkvældning for alle tre typer
- dog har Mikolit 300 hårdere småpartier omgivet af blødere zoner
- Kvælder op som i forsøg med hårdt vand
- Ingen forskel på om "tåen" har stået i vand eller ikke
- Styrkeudvikling knapt så markant som ved fuld vandtilgang

# Forsøg med grout

- Sammensætning, blanding og pumpning
- Tæthed af groutforsegling
- Overgange mellem grout, pellets og filtersand
- Spredning af grout til formation
- Pejling af groutoverflade under udstøbning
- Vedhæftning til forerør
- Varmeudvikling i grout



# Sammensætning og blanding af grout



# Blandeudstyr

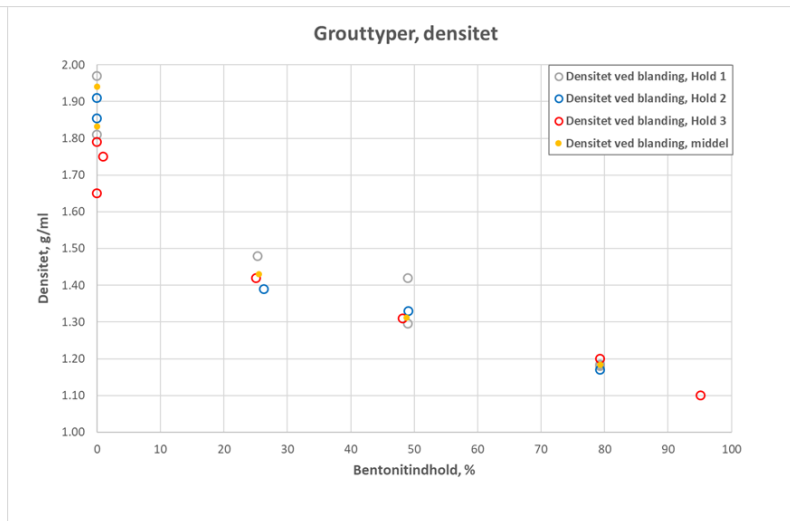
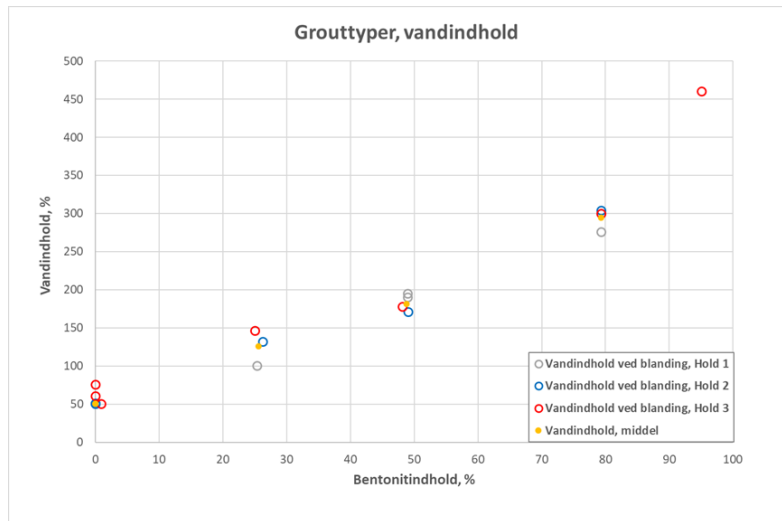


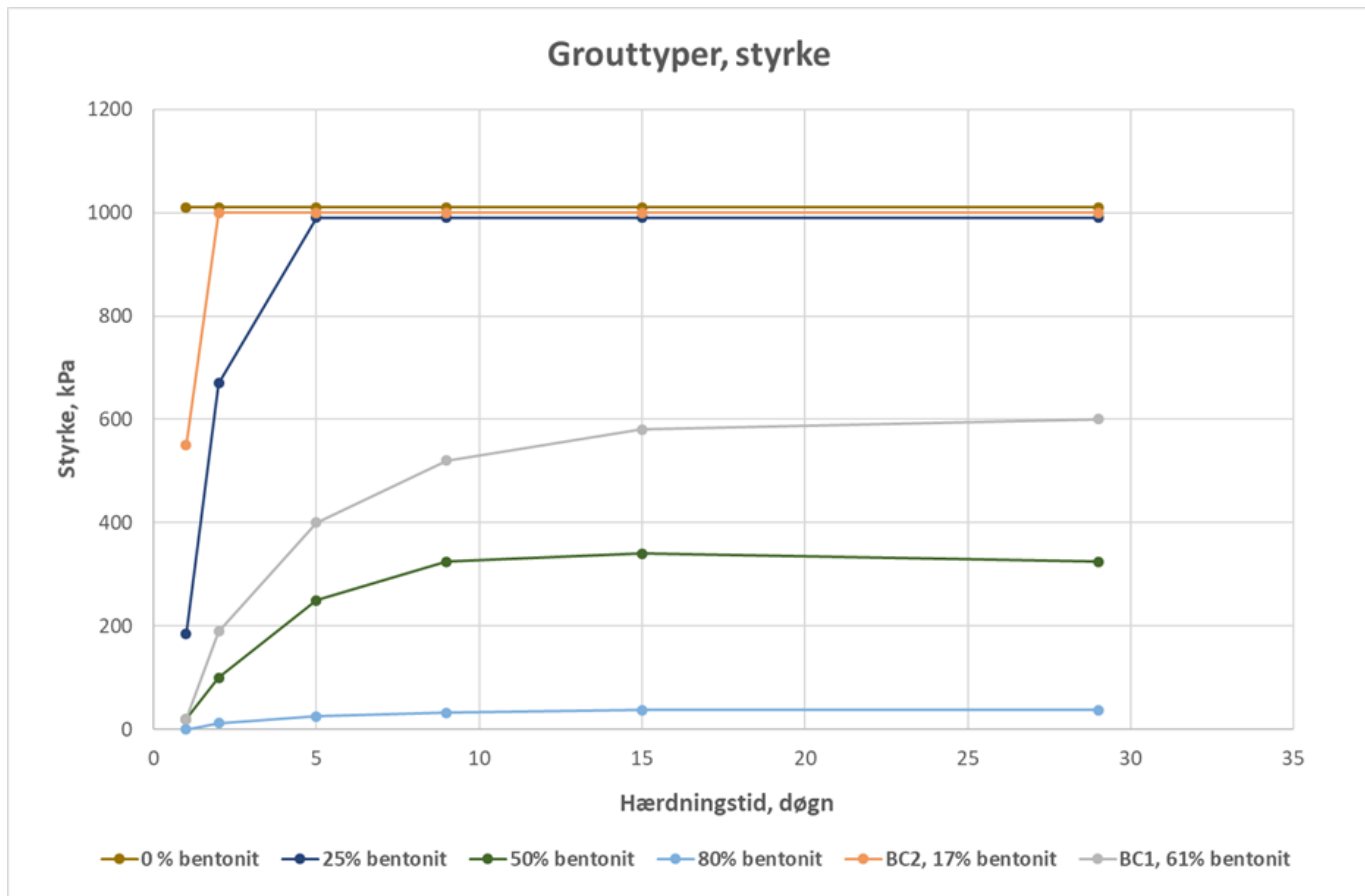
# Grouttyper, 100 liter færdigblanding

Nr	Navn	Bentonit	Cement	Sand	Vand
		kg	kg	kg	kg
G1	Ren cement	0,0	122,0	0,0	61,0
G2	Ren cement og sand	0,0	97,0	48,5	48,5
G3	75 % cement, 25 % bentonit	15,5	46,6	0,0	80,9
G4	50 % cement, 50 % bentonit	24,2	24,2	0,0	82,6
G5	20 % cement, 80 % bentonit	23,2	6,1	0,0	88,8
BC 1	39 % cement, 61 % bentonit	60			80
BC 2	83 % cement, 17% bentonit	100			60

G1 – G5 er baseret på rapidcement og DantoCon Seal N. BC 1 og BC 2 er Roteks færdigblandinger som er baseret på standardcement og CSR cementstabil bentonit

# Vandindhold og densitet af nyblandet grout





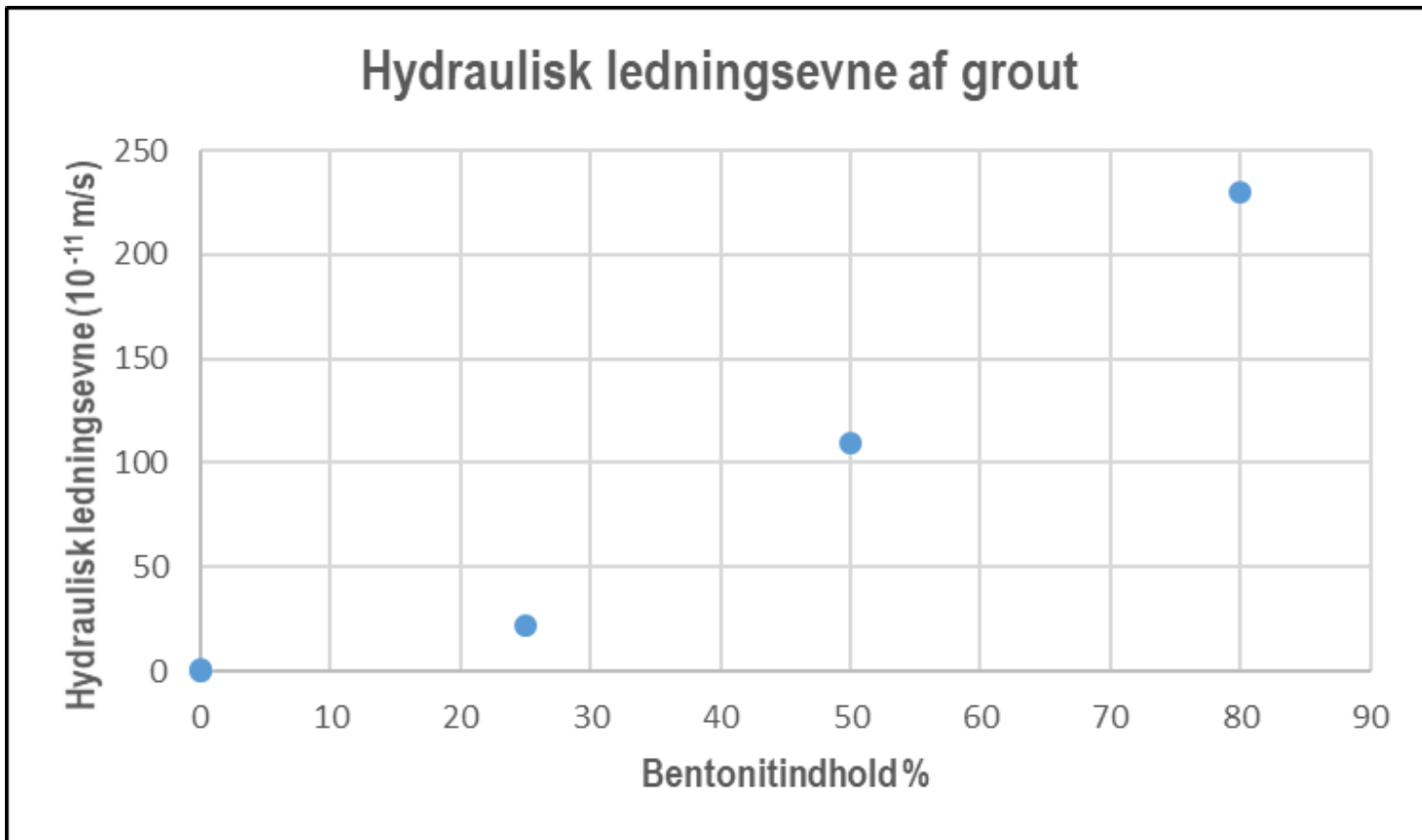


# Konklusion for grouttyper

- Blandemåden har ingen betydning
- Densiteten falder drastisk med stigende bentonitindhold
- De cementrige blandinger opnår meget hurtigt høje styrker
- Blandingerne med 50 % og 80 % bentonit samt BC1 forbliver fleksible i længere tid

# Hydraulisk ledningsevne af grout

	Grout type	Hydraulisk ledningsevne m/s
G1	Ren cement	$0,2-1,3 \times 10^{-11}$
G2	Ren cement og sand	$0,1-0,4 \times 10^{-11}$
G3	25% bentonit og 75% cement	$14-29 \times 10^{-11}$
G4	50% bentonit og 50% cement	$10 -210 \times 10^{-11}$
G5	80% bentonit og 20% cement	$230 \times 10^{-11}$



# Konklusion hydraulisk ledningsevne

- Rent cement (G1) og cement og sand(G2) har en hydraulisk ledningsevne som de bedste pellets
- For grout med tilsat bentonit stiger ledningsevnen med bentonitindholdet
- Skyldes formentlig at cement og bentonit konkurrerer om vandet, så bentonitten ikke kvælder op og cementens hærdningsproces ikke forløber korrekt
- Kunne formentlig have været undgået ved vandlagring af prøveemnerne
- Forventer at alle de afprøvede grouttyper har en ledningsevne som ren cement

# Overgange mellem grout, sand og pellets

- Nedtrængen af grout i filtersand
- Nedtrængen af filtersand i grout
- Nedtrængen af grout i pellets
- Nedtrængen af pellets i grout
- Tab af grout til formationen





# Mellem sand med grout direkte over



# Groft sand med grout direkte over

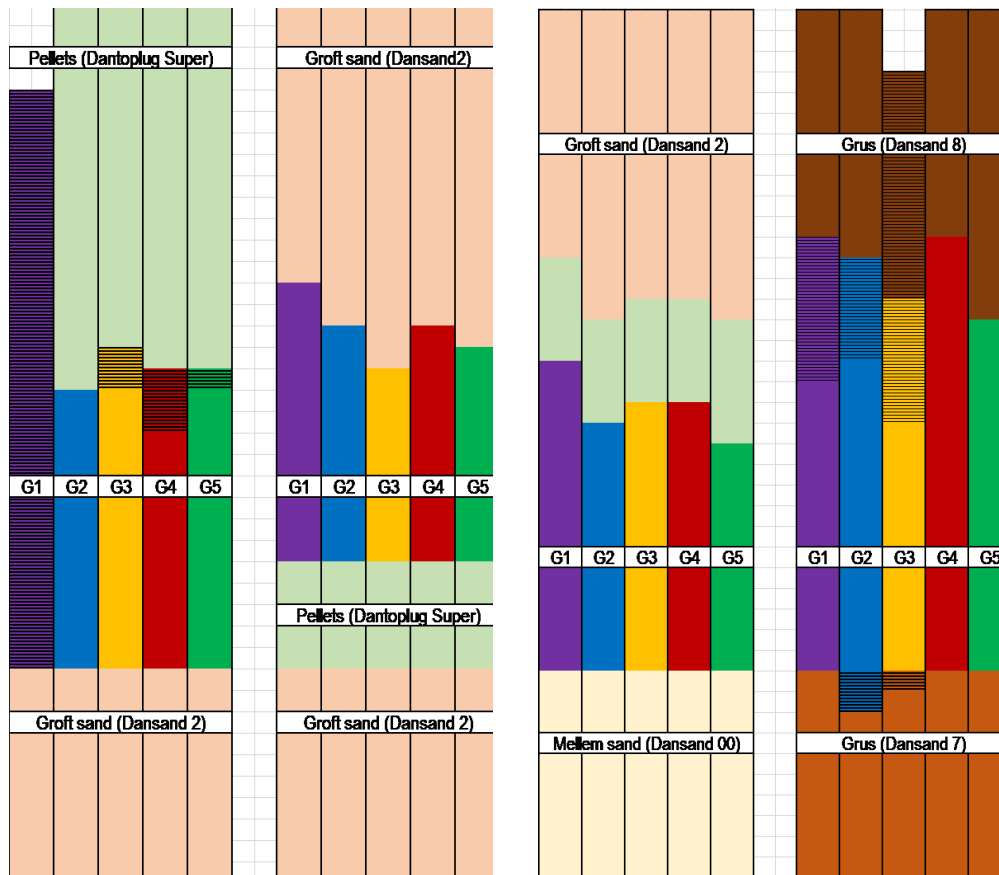




# Grus med grout direkte over



# Oversigt



# Konklusion

- Ingen nedtrængen af grout i filterkastning af mellem og groft filtersand
- Begrænset nedtrængen af grout i filterkastning af grus
- Begrænset tab af grout til formation – selv i groft sand og grus
- Der sker nogen nedsynkning af grus i nystøbt grout
- Der sker nogen nedsynkning af pellets i nystøbt grout, men ikke et problem
- Der sker ingen blanding af sand over pellets
- Der sker ingen blanding af grout over pellets

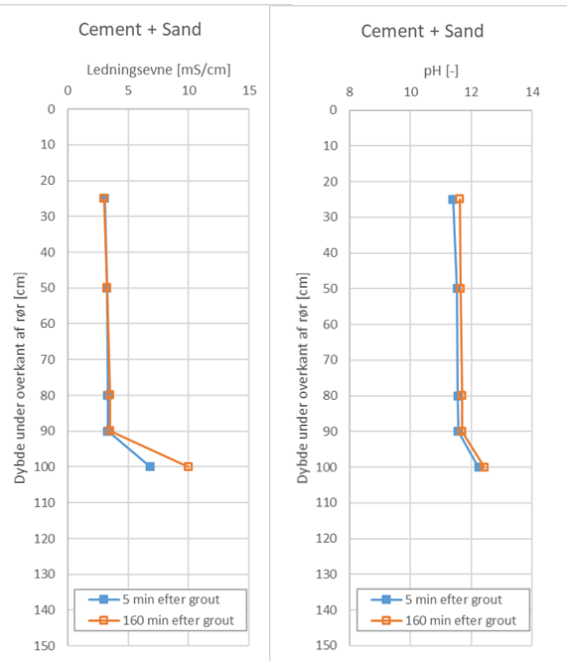
## Konklusion fortsat

- Det anbefales for en sikkerheds skyld at etablere et lag fint filtersand og et lag pellets over en filterkastning inden der støbes med grout
- Det er muligt at forsegle med pellets direkte over en grout og umiddelbart efter udstøbningen af grout
- Det er muligt at etablere en filtersætning umiddelbart efter udstøbningen af grout, såfremt der etableres en kort forsegling med pellets mellem grout og filtergrus - **MÅSKE**

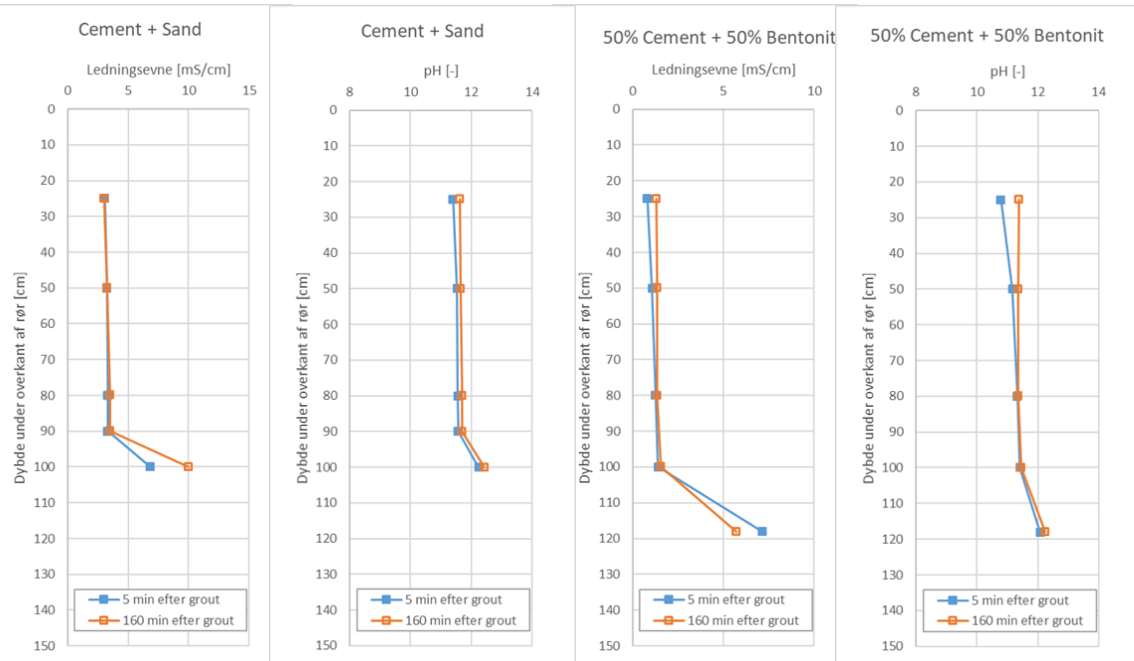
# Pejling af groutoverflade



# Pejling af groutoverflade



# Pejling af groutoverflade

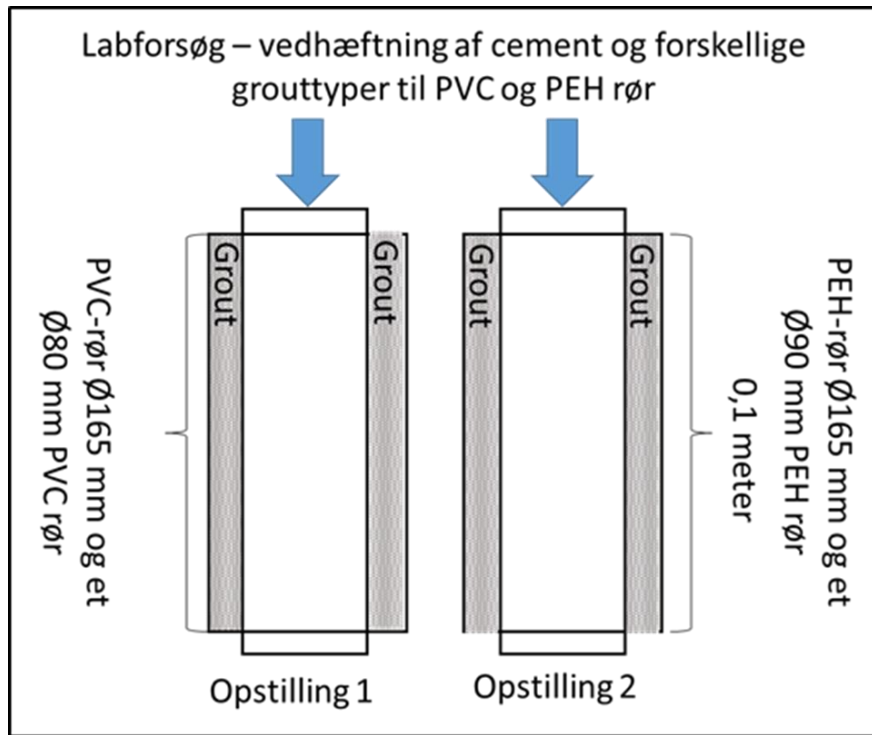


# Konklusion

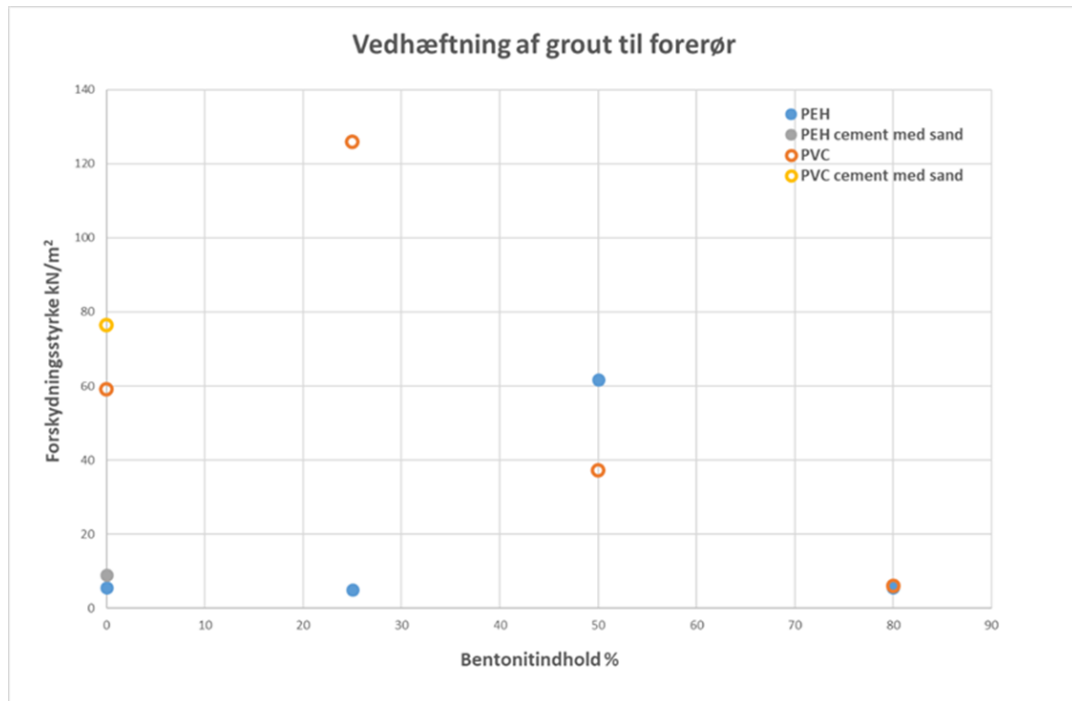
- Ledningsevnesonden giver et markant udslag når den når groutoverfladen
- Der kan også hældes en sjat pellets oven i grouten, så overfladen kan pejles med et almindeligt bundlod



# Vedhæftning af grout til forerør



# Vedhæftning af grout til forerør



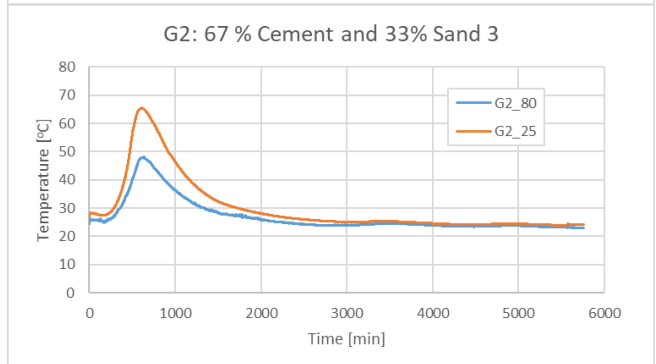
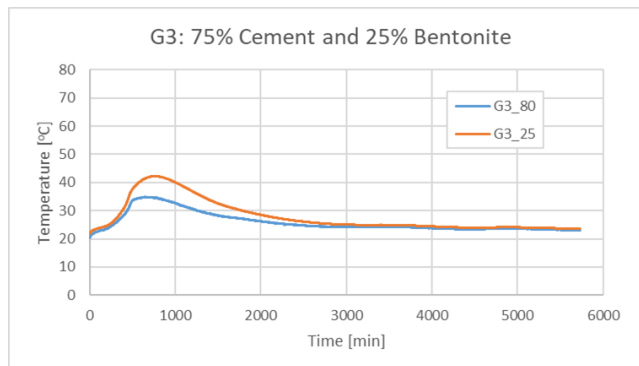
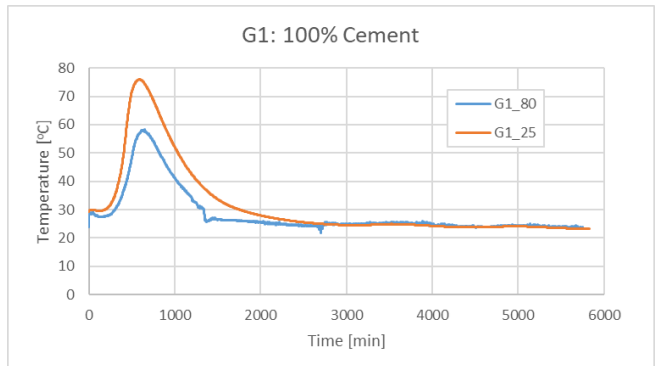
# Konklusion

- Vedhæftningen af grout til PVC er væsentligt større end til PEH
- Eneste undtagelse er grouten med 50 % bentonit
- Vedhæftningen af grout med 80 % bentonit er dog lav for både PVC og PEH
- Der er ikke set sprækker mellem rør og grout eller i grouten generelt

# Varmeudvikling i grout



# Varmeudvikling i grout



**Dimensioner og facts:**

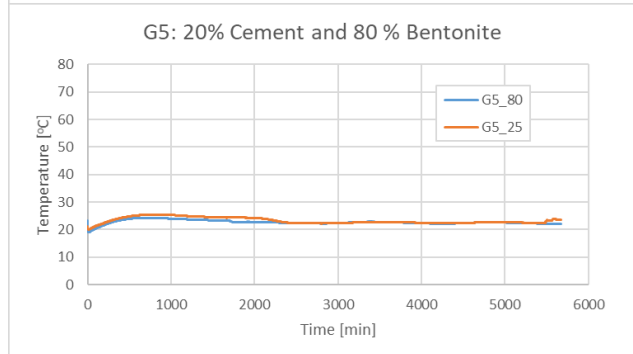
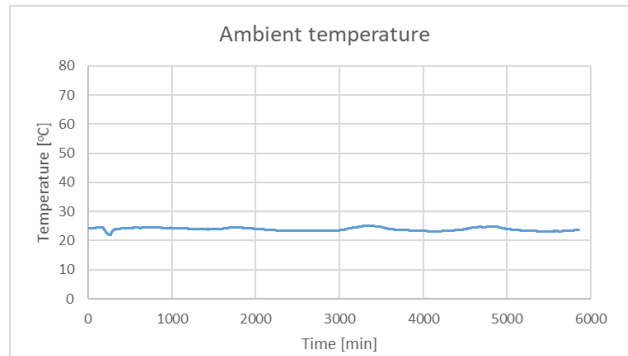
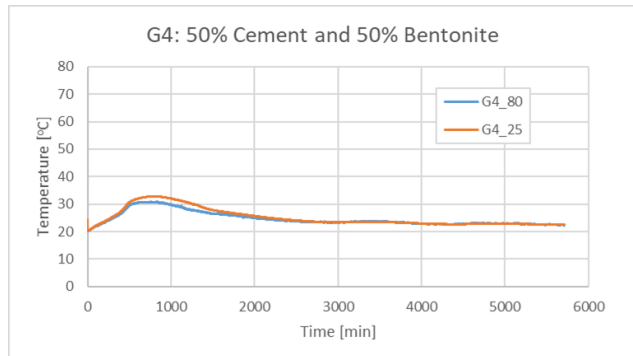
"Højde" af grout: 40 cm  
Vand på top: 5 cm

Indre diameter af yderrør: 15 cm  
Ydre diameter af lille inderrør: 2.5 cm  
Ydre diameter af stort inderrør: 8.0 cm

Temperaturføler:  
25 cm over bund på yderside af inderrør

Ingen synlige deformationer af rør.

# Varmeudvikling i grout



**Dimensioner og facts:**

"Højde" af grout: 40 cm  
Vand på top: 5 cm

Indre diameter af yderrør: 15 cm  
Ydre diameter af lille inderrør: 2.5 cm  
Ydre diameter af stort inderrør: 8.0 cm

Temperaturføler:  
25 cm over bund på yderside af inderrør

Ingen synlige deformationer af rør.

# Konklusion

- Markant temperaturstigning i ren cement og den tykke forsegling (76 grader)
- Stigende sand- og bentonitindhold mindsker temperaturstigningen
- Temperaturstigningen topper efter ca. 12 timer
- Forsøgene er sammenlignelige, men ikke repræsentative for en boring, hvor der er jord omkring og oftest vand i forerøret, hvilket leder varmen bort
- Undgå tykke forseglinger (>100 mm) over grundvandsspejlet

**Tak for opmærksomheden**



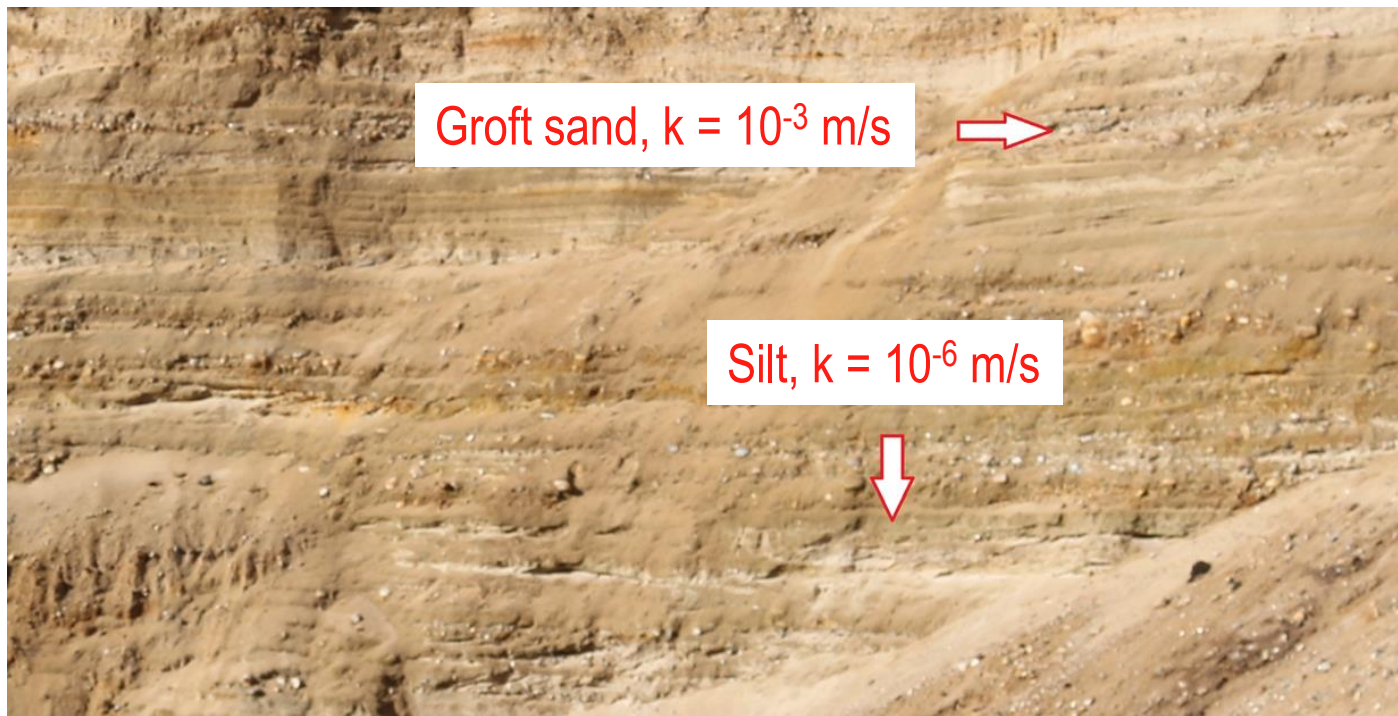
# Hvorfor forsegling i sand



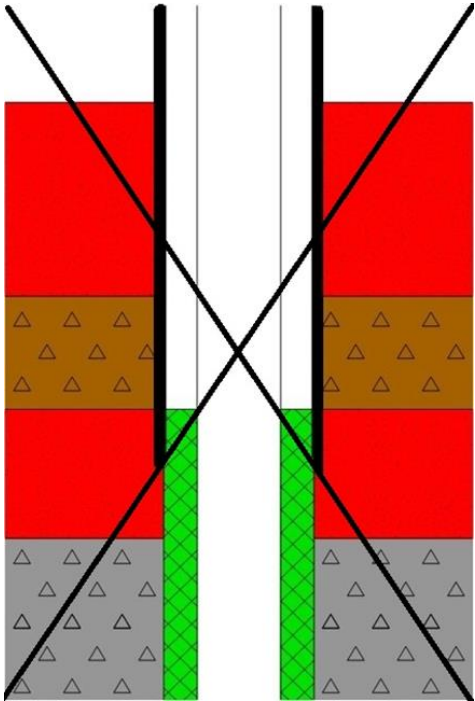
# Hvorfor forsegling i sand



# Hvorfor forsegling i sand



# Ikke pellets i vandmættet sand



# Ikke pellets i vandmættet sand

