

Best Practice

for afpropning af boringer og sonderinger



Jens Baumann
Mads Møller
Maria Heisterberg
Christian Buck

COWI **NIRÅS**



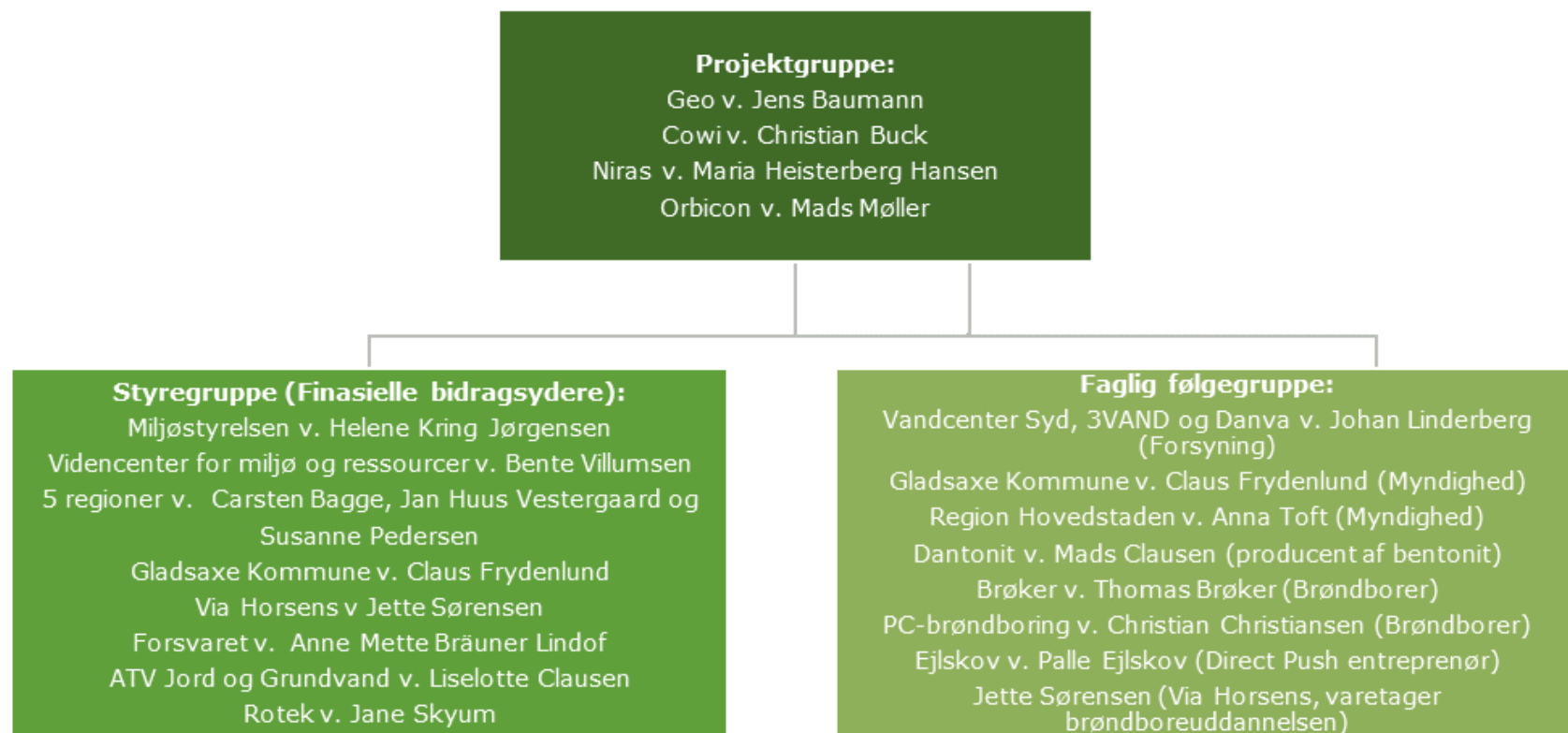
Baggrund

- Temadag 2017
- Tvivl om hvilke forseglingsmetoder er OK
- Udredningsprojekt, litteraturstudium, erfaringsopsamling
- Best Practice for afpropning af boringer – 1. udgave

Projekt – 3 faser



Projektorganisation



Litteraturstudium - konklusion



- Mange artikler – med relativt lille udbytte
- Mange artikler mangler dokumentation
- Artikler om dybdedeponering af radioaktivt affald er veldokumenterede
- Mange gode "opskrifter" og procedurer, dog er nogle modstridende
- Ingen dokumentation på tæthed af forsegling i felten
- Meget lidt dokumentation på cements vedhæftning til pvc/peh
- Ingen overbevisende metoder til kontrol af forsegling

Best Practice

Erfaringsopsamling

- Stor velvilje blandt de spurgte
- Rigtig mange gode og konstruktive input
- Religion omkring cement og bentonit
- En del modstridende råd, men få skråsikre meninger
- Stort behov for afklarende undersøgelser

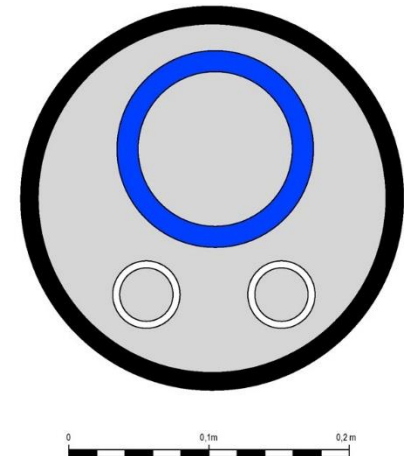


Udvalgte erkendelser

- Skelne mellem skylleboringer og tørboringer
- Forsegling langs hele forerørsstrækningen
- Pellets kan ikke anvendes i sandede aflejringer i tørboringer
- Nødvendigt oftere at anvende grout (cement eller flydende bentonit)
- Større diameter boring i forhold til forerør
- Kun ét (allerhøjest to) filter i hver boring
- Nødvendigt med centreringsstyr på forerør
- Problem med centreringsstyr på forerør
- Stort behov for afklarende undersøgelser

Borings og filterdimensioner

- Mindst 30mm mellem forerør og borerør
- Ø125mm forerør har en diameter på 140mm
- Mindst 30mm mellem to forerør
- Filterstyr i boringer dybere end 5 (-10)m
- Filterstyr også ved 2 filtre/forerør (findes ikke)



Borings og filterdimensioner

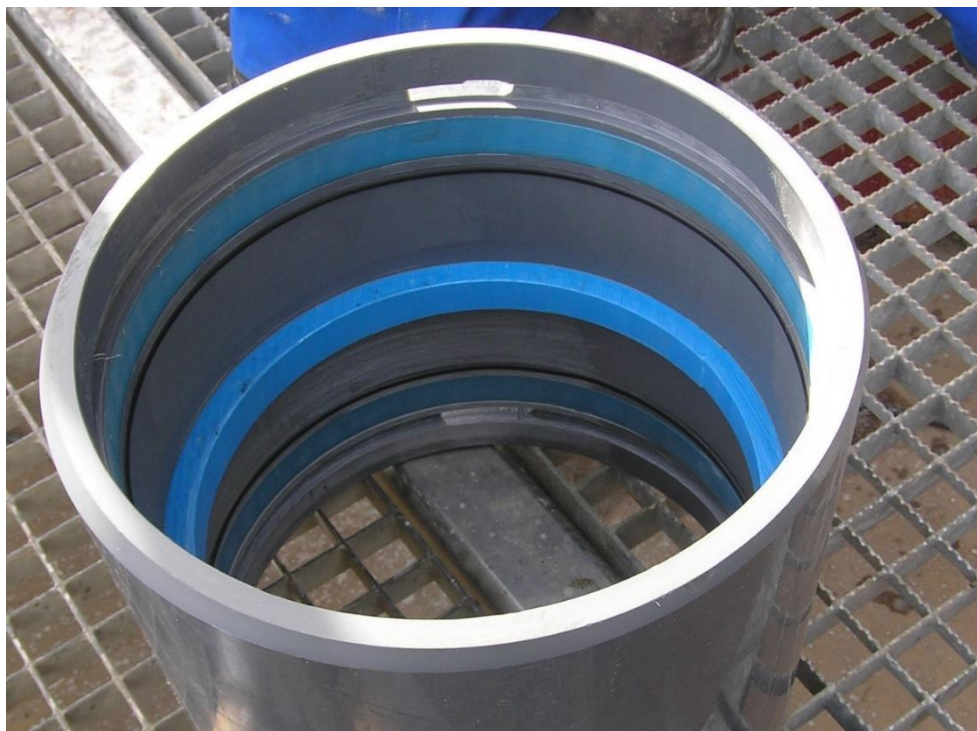
Borerør	Filterdimension			
	1 filter		2 filtre	
tommer	mm	mm ¹⁾	mm	mm
4	32	40	X	X
6	75	90	32 og 32	25 og 40
8	125	125	63 og 40	75 og 32
10	165	165	90 og 63	110 og 40
12	195	225	110 og 90	125 og 63
¹⁾ Boringer under 10m dybe				

Forerørssamlinger

- Brug RSC samlinger, de er tætte
- Sæt i det mindste o-ringe i gevindsamlinger
- Færre samlinger, længere rør
- Ikke samlinger ud for filterkastning (ved flere filtre)

Best Practice

Forerørssamlinger, RSC



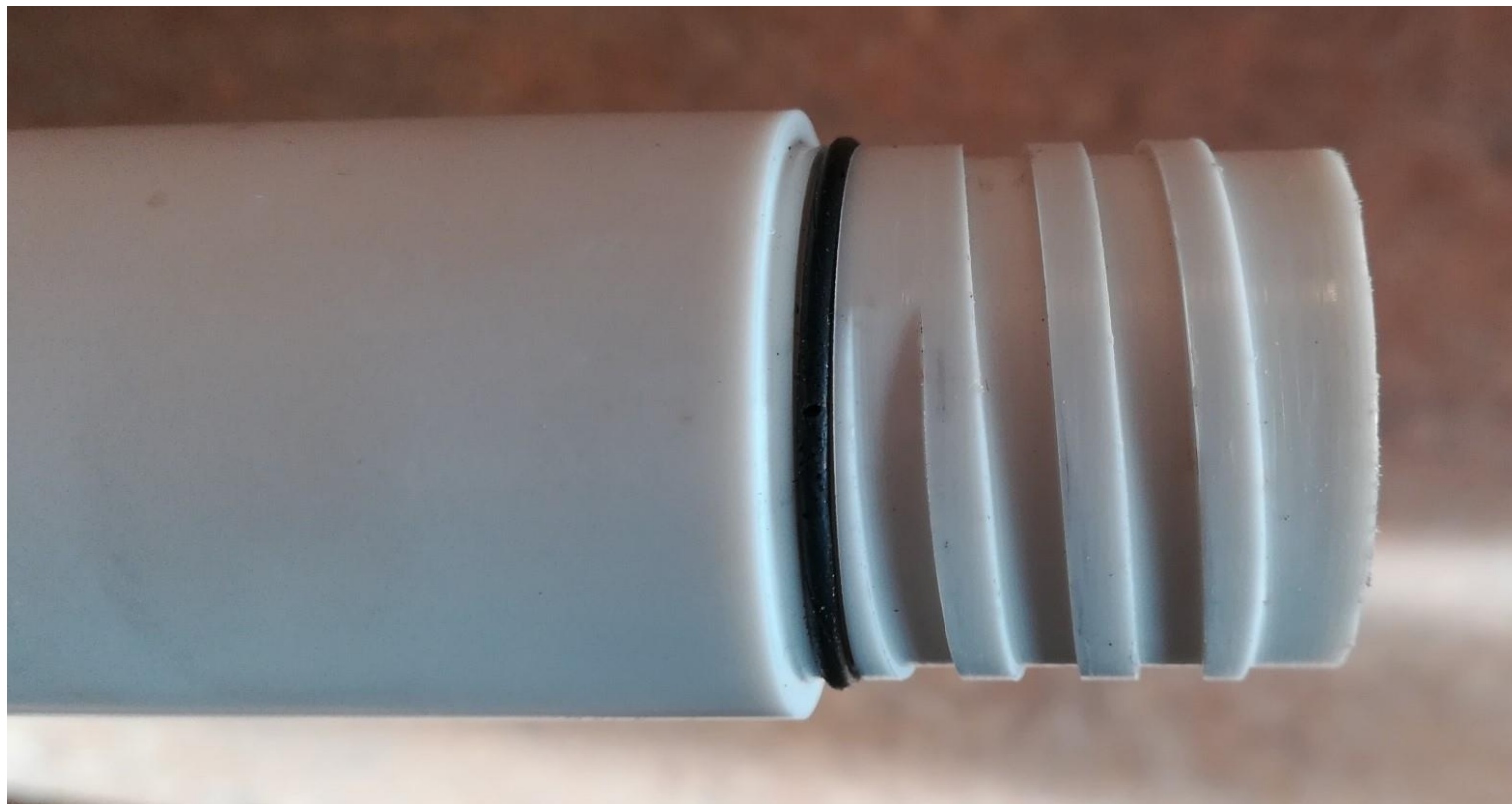
Samlemuffen er udført i PVC med en centerring samt limflade, udfræsning med o-ring, kvældende tætningsbånd og låsering i begge ender

Forerørssamlinger

- Brug RSC samlinger, som er tætte
- Sæt i det mindste o-ringe i gevindsamlinger
- Færre samlinger, længere rør
- Ikke samlinger ud for filterkastning (ved flere filtre)

Best Practice

Forerørssamlinger, O-ring



Forerørssamlinger

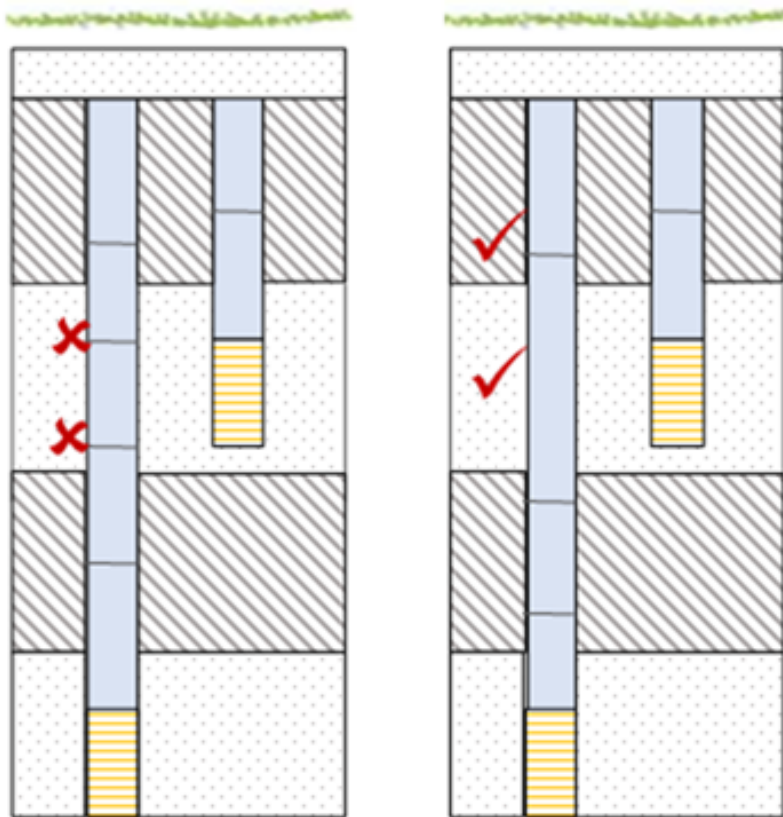
- Brug RSC samlinger, som er tætte
- Sæt i det mindste o-ringe i gevindsamlinger
- **Færre samlinger, længere forerør**
- Ikke samlinger ud for filterkastning (ved flere filtre)

Forerørssamlinger

- Brug RSC samlinger, som er tætte
- Sæt i det mindste o-ringe i gevindsamlinger
- Færre samlinger, længere rør
- Ikke samlinger ud for filterkastning (ved flere filtre)

Best Practice

Forerørssamlinger



Undgå så vidt muligt samlinger ud for gruskastninger, hvis der sættes flere filtre

3 hovedtyper forseglingsmateriale

- Bentonit pellets
DantoplugSuper, Mikolit B, QSE
- Bentonit granulat
Dantogran 0/30, QSE 5
- Grout
Ren cement, cement + bentonit, cement + sand,
bentonit + sand

Bentonit pellets

- Pellets ekstruderes af smectitrigt ler under højt tryk
- Har typisk diametre mellem 6-10mm
- Vandindhold på 15-25%
- Små pellets kvælder hurtigere end store
- Kan kastes gennem en vandsøjle på mellem 10 og 15m afhængig af størrelse
- Hvis behandlet for at forsinke opkvældning kan de kastes gennem 50 m vandsøjle



Bentonit granulat

- Granulat er irregulære kantede partikler af smectitrigt ler med en størrelse på 2-6 mm.
- Granulat kvælder langt hurtigere end pellets og kan derfor ikke anvendes under vandspejlet
- Granulat kan anvendes i umættet zone, hvor det placeres i lag af 5-10 cm, som løbende for hvert lag hydreres med vand fra terræn, for at sikre en opkvældning af granulatet



Bentonit granulat

- Granulat er irregulære kantede partikler af smectitrigt ler med en størrelse på 2-6 mm.
- Granulat kvælder langt hurtigere end pellets og kan derfor ikke anvendes under vandspejlet
- Granulat kan anvendes i umættet zone, hvor det placeres i lag af 5-10 cm, som løbende for hvert lag hydreres med vand fra terræn, for at sikre en opkvældning af granulatet



Best Practice

Grout

- Fællesbetegnelse for viskøse forseglingsmaterialer, som kan pumpes ned i boringen
- Kan bestå af ren cement eller cement med indhold af bentonit
- Lovende forsøg med en blanding af 50% cement og 50% bentonit
- Bentonitopslemning med et indhold af fint sand på op til 30 – 40%
- Eneste forseglingsmateriale, som kan anvendes i sandede, mættede aflejringer ved tørboring



Forsegling

- Start forsegling med 0,5 – 1,0m fint sand nederst (grus nr. 0)
- Granulat: Ikke under vandspejl. Tynde lag som vandmættes successivt
- Pellets: Ikke i mættet sand i tørborring
- Pellets: Ikke i umættet, groft sand. Risiko for afdræning uden kvældning
- Pellets: Altid i ler. Brug god kvalitet med højt smectitindhold
- Grout: Kan altid anvendes. Spar på vandet. Anvend pumper
- Cementgrout: Anvend ren cement eller cement med mere end 50% bentonit

Forsegling

- Bentonitgrout: Ibland 30-40% fint sand
- Bentonitgrout: Ibland bentonitgranulat lige før nedpumpning
- Brug ikke bentonit i hot spots med DNAPL og LNAPL

Anvendelsesområder, skylleboring

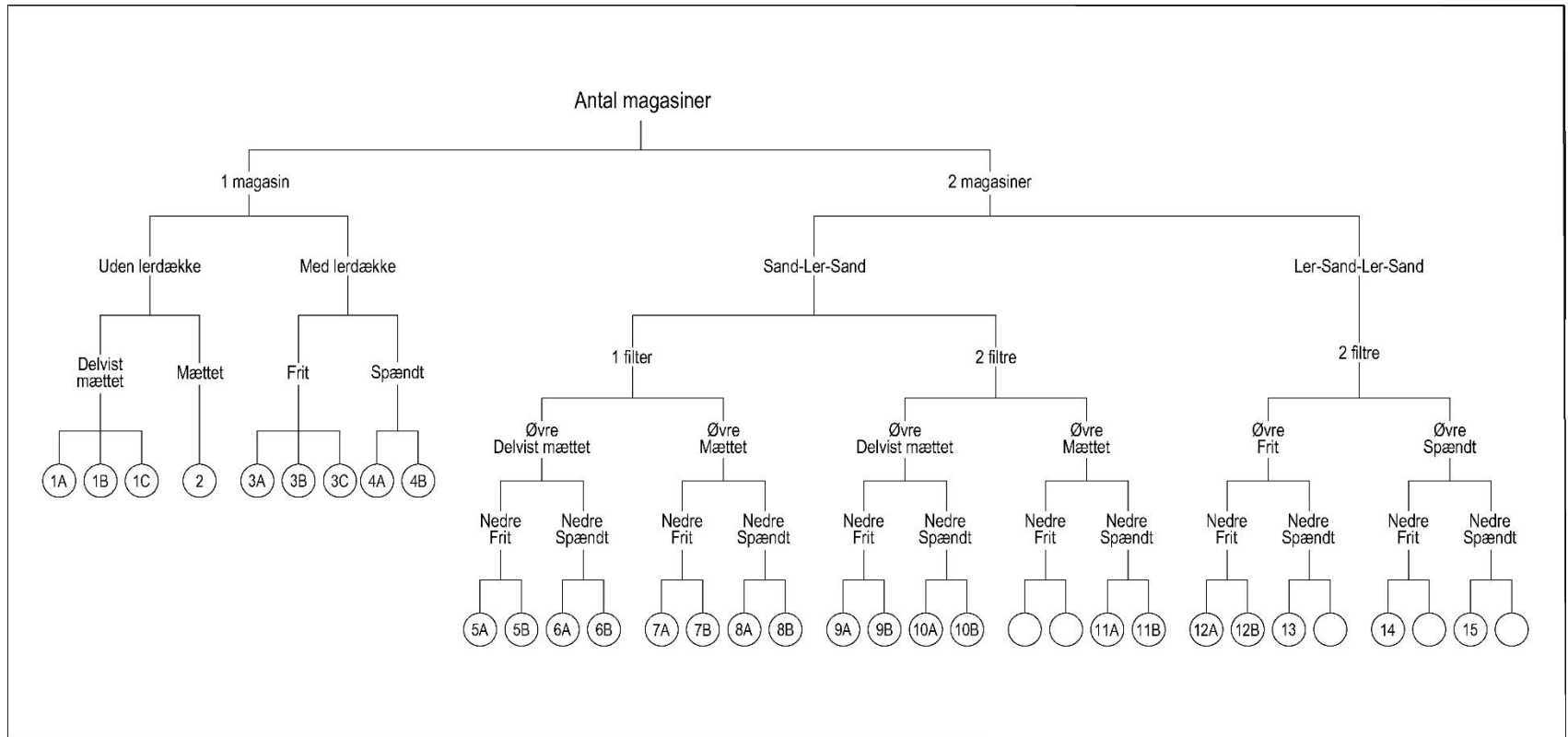
Jordart	Granulat	Pellets	Grout
SAND, umættet		X	X
SAND, mættet		X	X
LER, over trykniveau		X	X
LER, under trykniveau		X	X
KALK		X	X

Anvendelsesområder, tørborring

Jordart	Granulat	Pellets	Grout
SAND, umættet	X		X
SAND, mættet			X
LER, over trykniveau	X	X	X
LER, under trykniveau		X	X
KALK		X	X

Nøgle til valg af forseglingsmetode

Tørboringer



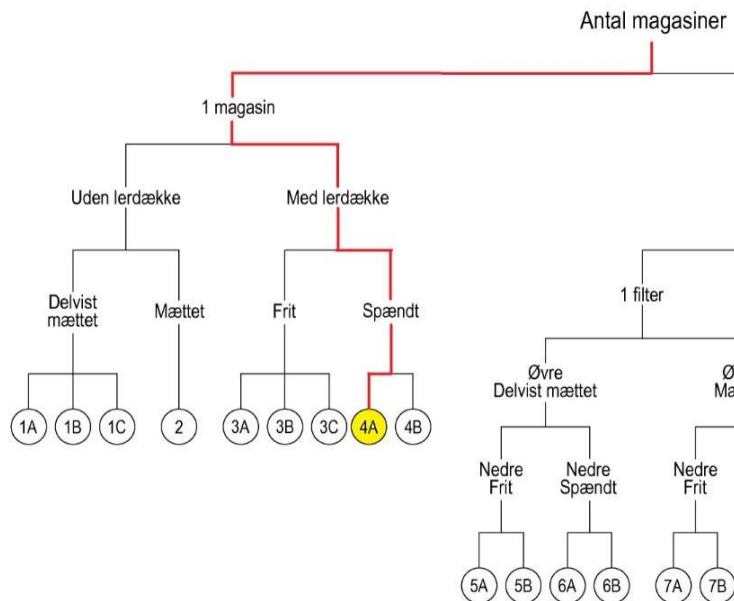
Best Practice

Eksempel 1

Èt magasin, spændt

LER over SAND

Èt filter



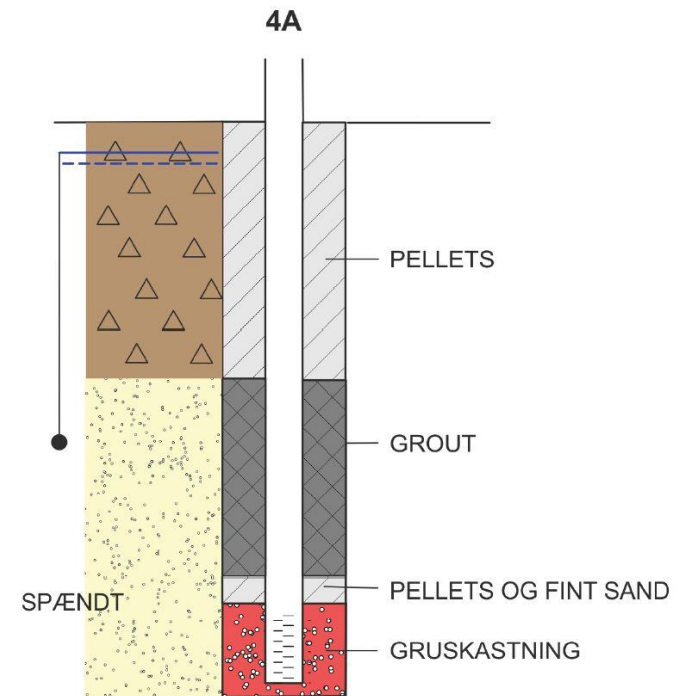
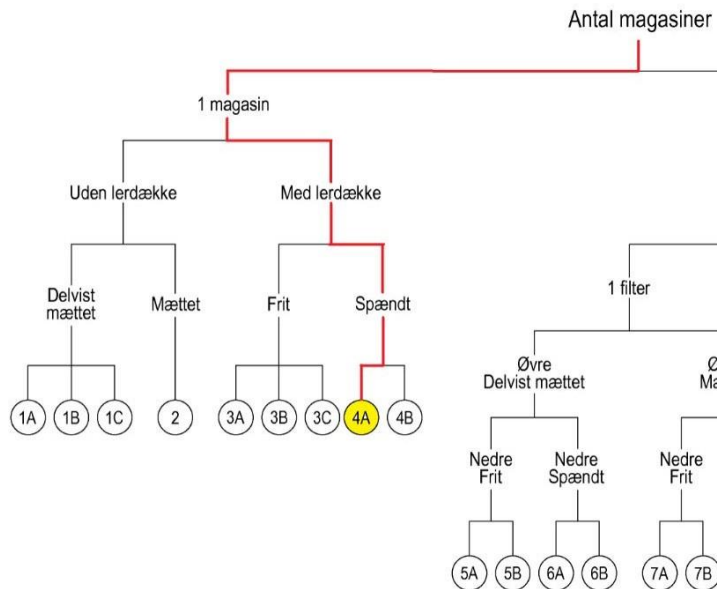
Best Practice

Eksempel 1

Èt magasin, spændt

LER over SAND

Èt filter



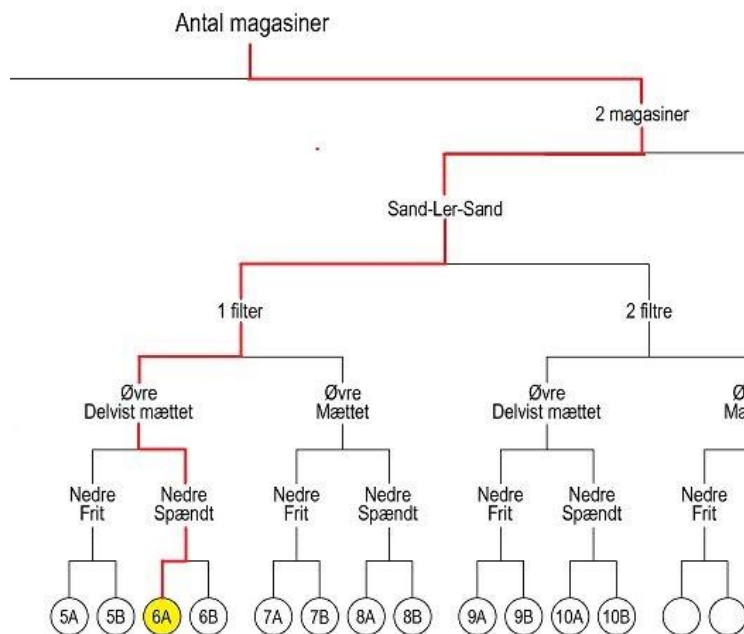
Best Practice

Eksempel 2

To magasiner, øvre delvist mættet, nedre spændt

SAND over LER over SAND

Èt filter



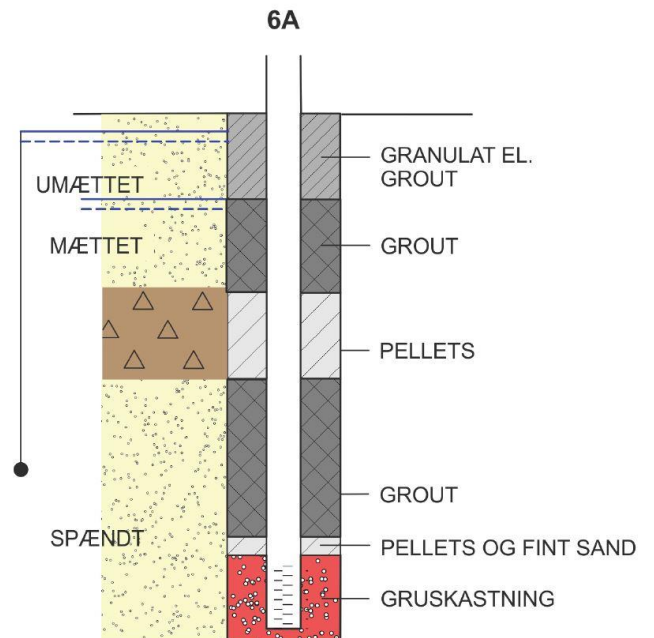
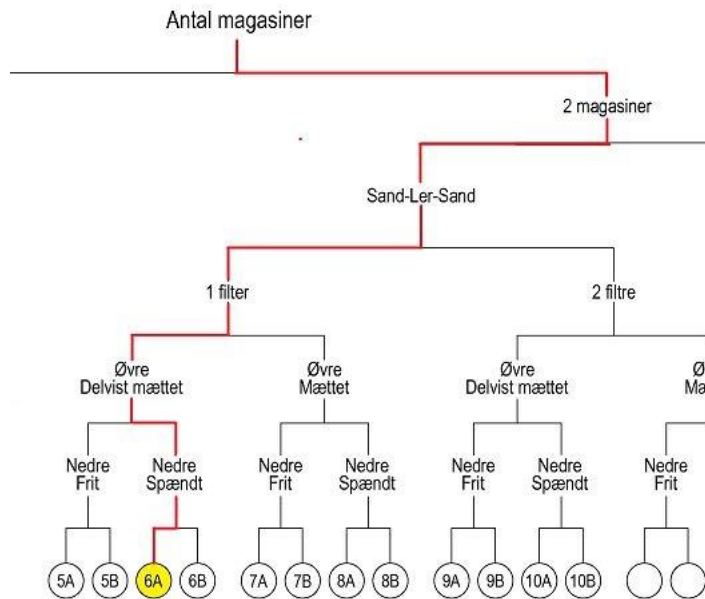
Best Practice

Eksempel 2

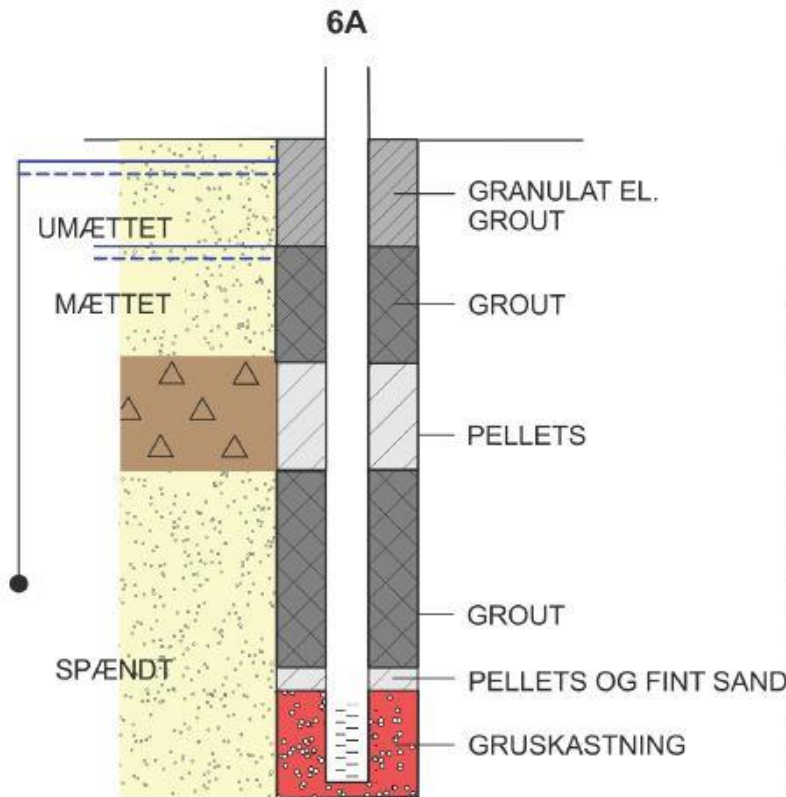
To magasiner, øvre delvist mættet, nedre spændt

SAND over LER over SAND

Èt filter



Skitse med kort vejledning



6A. Ét filter, to magasiner, SAND over LER over SAND, øvre magasin umættet, nedre magasin spændt

Gruskastningen afsluttes med 0,5-1,0m fint filtersand (sand 0). Herover placeres 0,3m pellets for at tætnes ned mod gruskastningen. Resten af strækningen til underside af lerlaget udstøbes med grout, som pumpes ned gennem tremierør, som hele tiden holdes neddykket under groutoverfladen. Herefter forsegles til oversiden af lerlaget med pellets som placeres successivt i lag af ca. 30cm med samtidig vandmætning fra terræn. I den mættede del af det øvre magasin forsegles med grout op til vandspejlet i det øvre magasin. I det umættede sand forsegles med hurtigt kvældende bentonitgranulat til terræn. Granulat placeres i lag af 5-10cm og hydreres med vand fra terræn. Alternativt kan der udstøbes med grout helt til terræn.

Der mangler viden om

- Den hydrauliske ledningsevne af forsegling, konstrueret under realistiske omstændigheder, hvor f.eks. pellets og granulat pakkes med det hulrum som sker i en boring
- Kvælder pellets i boremudder
- Bentonitpellets ekstruderet ved mindre vandindhold
- Hvordan opfører en udkvældet bentonitprop sig over vandspejlet. Tørrer den ind og hvis ja, kvælder den så op igen
- Hvordan håndteres overgange mellem grout, pellets og gruskastning
- Hvordan hæfter grout til forerør

Der mangler viden om

- Effekt af bevægelser af forerør, f.eks. ved pumpning
- Forsøg med tilsætningsstoffer til cement for at forhindre krympning (aluminiumspulver eller gips)
- Ekspanderende cement – findes det allerede i handlen
- Kan der med fordel blandes bentonit og/eller sand i cement og hvor meget
- Forsøg med meget stort indhold af bentonit i cement (mere end 50%)
- Identifikation af effektivt blande- og pumpeudstyr

Der mangler viden om

- Hvordan pejles overside af grout under støbning
- Bedre gevindsamling af PEH-forerør
- Standardstyr til flere forerør i samme boring

Best Practice

Tak for jeres opmærksomhed

COWI

NIRÅS

VIA

ORBICON

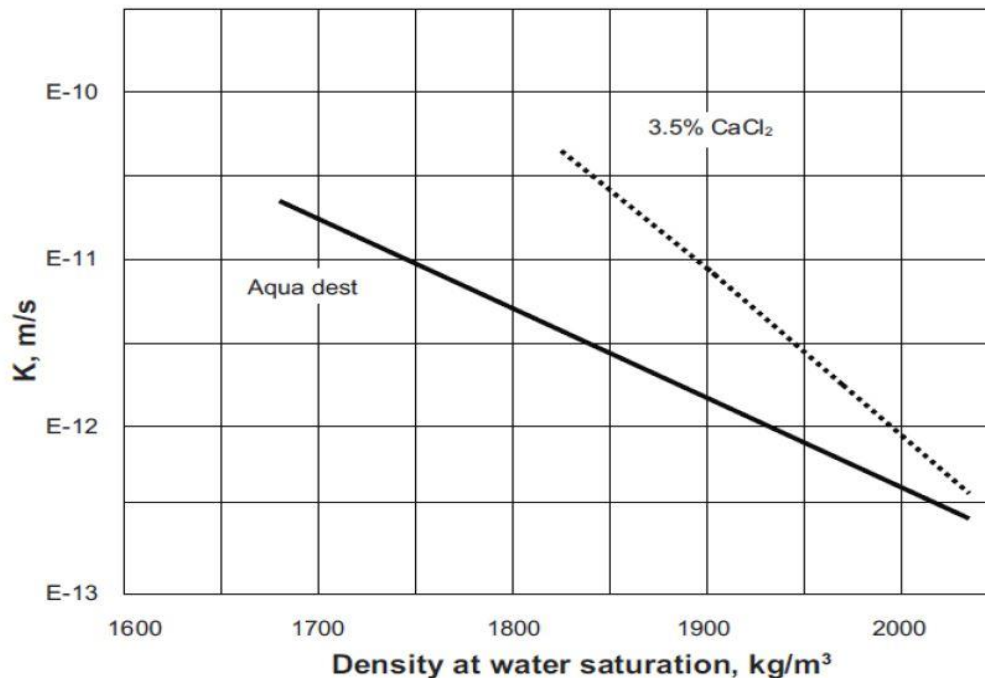
GEO

COWI **NIRAS**



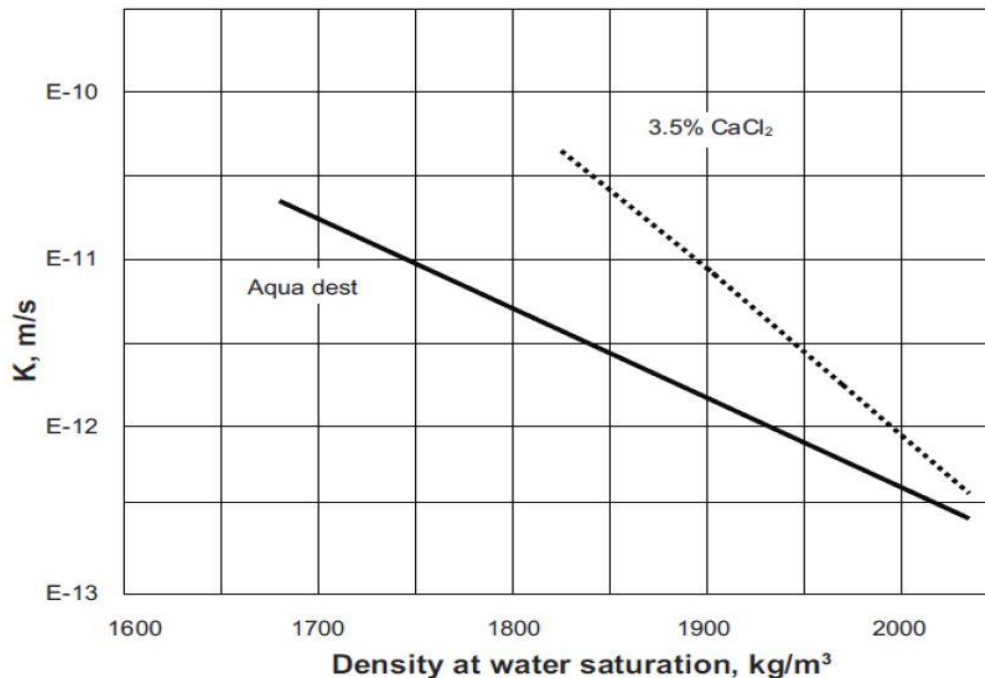
Vigtigt om bentonit

- Mange gode procedurer og tips
- Vigtigheden af at få pakket bentonitpellets tæt



Vigtigt om bentonit

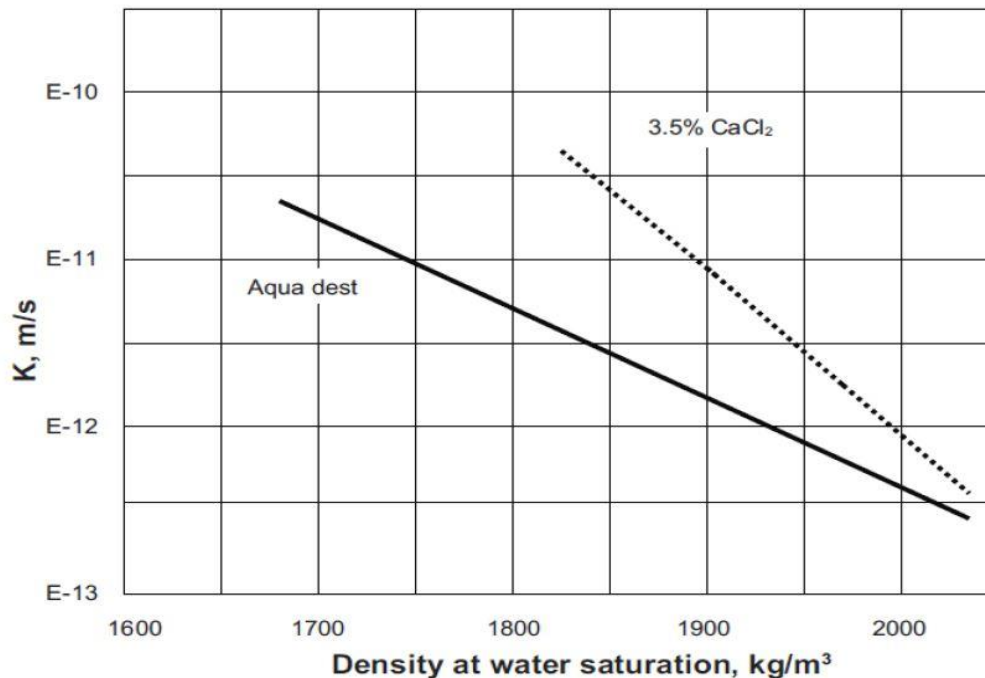
- Mange gode procedurer og tips
- Vigtigheden af at få pakket bentonitpellets tæt



Densitet i felt:
<1100-1200 kg/m³

Vigtigt om bentonitforsegling

- Mange gode procedurer og tips
- Vigtigheden af at få pakket bentonitpellets tæt



Densitet i felt:
 $< 1100-1200 \text{ kg/m}^3$
 $k > 10^{-8} \text{ m/s}$

Bentonitstænger har måske et potentiale



- Høj densitet
- Lav hydraulisk ledningsevne
- Meget lang kvældetid