





SBRCURnet kwaliteit van grondonderzoek (monsterverstoring veen)

C. Zwanenburg
(Sophia Luijendijk, Harry van Essen)

30 november 2017

Aanloop



SBRCURnet commissie “kwaliteit van grondonderzoek”
Basisgedachte: alle componenten in de keten van het geotechnisch ontwerp hebben de afgelopen jaren sterke ontwikkelingen doorgemaakt, behalve monsternamen technieken.

```

graph TD
    A[grondopbouw en grondeigenschappen] --> D[ontwerp]
    B[belastingen en vervormingen] --> D
    C[geometrie] --> D
    E[handboeken en normgeving] --> D
    D --> F[rekenmodel]
    F --> G[maximaal toelaatbare verplaatsingen]
    G --> D
    
```

(Naar Orr & Farrell, 1999).

1 december 2017



Norm; NEN-EN 1997-2

Soil properties / quality class	1	2	3	4	5
Unchanged soil properties					
particle size	*	*	*	*	
water content	*	*	*		
density, density index, permeability	*	*			
compressibility, shear strength	*				
Properties that can be determined					
sequence of layers	*	*	*	*	*
boundaries of strata – broad	*	*	*	*	
boundaries of strata – fine	*	*			
Atterberg limits, particle density, organic content	*	*	*	*	
water content	*	*	*		
density, density index, porosity, permeability	*	*	*		
compressibility, shear strength	*				
Sampling category according to EN ISO 22475-1	A				
	B				C

Klasse indeling afhankelijk van de mate waarin de genoemde parameters in het monster afwijken van in-situ waarde, echter hoe te bepalen en hoe te controleren is niet gegeven.

Deltares

1 december 2017

Norm; NEN-EN-ISO 22475-1

Grond soort	Geschiktheid hangt af van o.a.	Monsternamen categorie		
		A	B	C
Klei	sterkte of stijfheid gevoeligheid, plasticiteit	PS-PU OS-T/W-PU OS-T/W-PE ^{a)}	OS-T/W-PE OS-T/W-PE HSAS AS ^{a)}	AS
Leem	sterkte of stijfheid gevoeligheid, plasticiteit grondwaterstand	PS-PU ^{c)} OS-T/W-PU	OS-T/W-PE ^{c)} OS-T/W-PE HSAS	AS
Zand	korrelafmetingen dichtheid grondwaterstand	OS-T/W-PU	OS-T/W-PE ^{c)} OS-T/W-PE ^{c)} HSAS	AS
Grind	korrelafmetingen dichtheid grondwaterstand		OS-T/W-PE ^{c)} HSAS	AS
Veen	Mate van ontbinding	PS-PU OS-T/W-PU	HSAS AS ^{a)}	AS

^{a)} Kan alleen in gunstige situaties

^{c)} Op basis van Nederlandse ervaring aangepast t.o.v. NEN-EN-ISO 22475-1

PS-PU Begemann, Van der Staaij-boring, Slibsteekboring en
zuigermonstersteekbus

OS-T/W-PU Ackerman bus gedrukt

OS-T/W-PE Ackerman bus geheel

OS-T/W-PE Dikwandige bus geheel

HSAS Holle avegaar

AS Avegaar

Deltares

1 december 2017

Achtergrond monsterverstoring

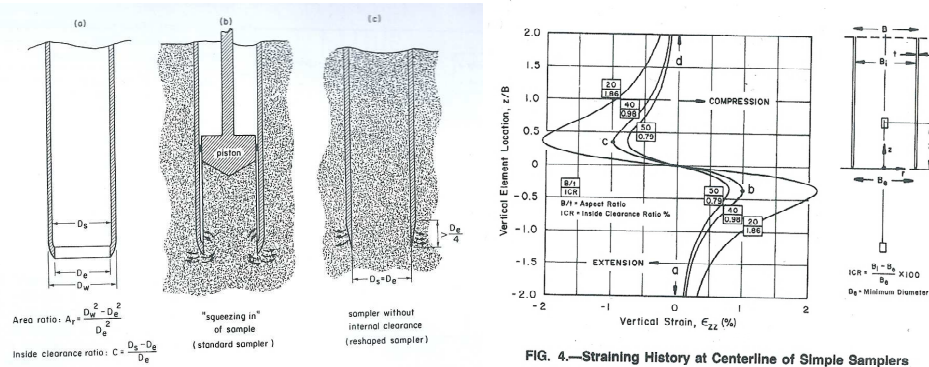


FIG. 4. Sampling tubes with and without internal clearance (after La Rochelle 1973).

La Rochelle et al. (1981)

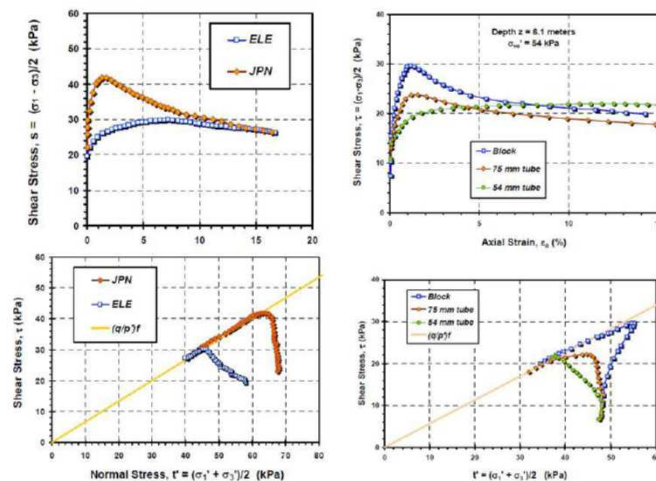
Mohsen et al. (1987)

746

Deltares

1 december 2017

Invloed monsterverstoring op sterkte

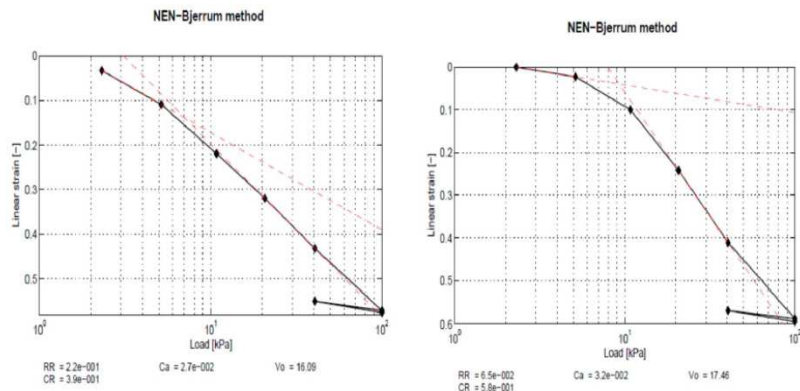


Mayne et al., 2009

Deltares

1 december 2017

Invloed op stijfheid



Door monsterverstoring met name zwel neemt de herbelast stijfheid, voor de grensspanning toe. Uit ontbelast stap volgt onverstoorde ontlast – herbelast stap.

1 december 2017

Deltares

Veen

Weinig literatuur over monsterkwaliteit veen, lastig te steken materiaal, belangrijk materiaal voor NL-praktijk en concrete vraag vanuit DOV-project

Sterk vezelig veen anders dan sterk vergaan, niet vezelig, veen.

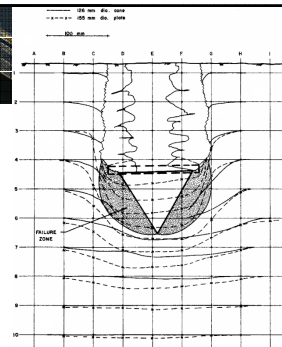
Belangrijk is doorsnijden vezels, i.p.v. uittrekken en meetrekken van vezels.

Zaagbeweging i.c.m. zaagtand op steekmond werkt goed bij vezelig veen, lastig te realiseren

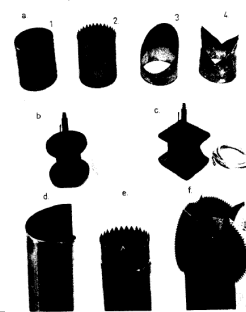
Vlijmscherpe rand, i.c.m. continue drukken goed alternatief

Belangrijk is het voorkomen van het voor de bus uitdrukken van een prop

Voorwaarden voor het steken van hoogwaardige kwaliteit monsters sterk vergaan veen komen overeen met klei



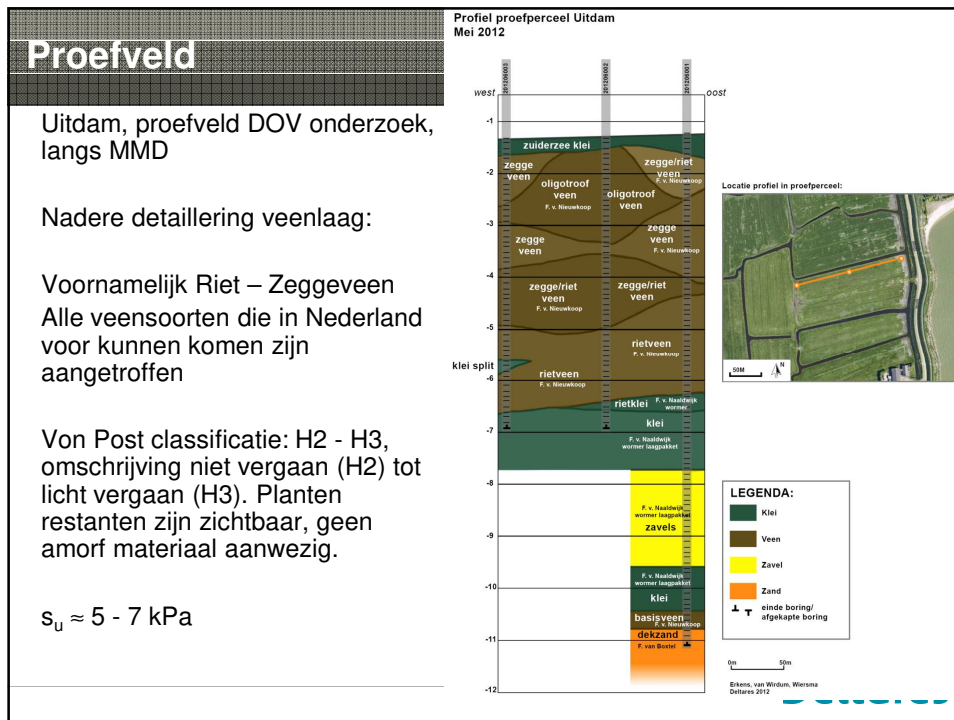
Landva, 2007



Helenelund, 1972

Deltares

1 december 2017



Criteria	
Criteria	Monsterverstoringsindex [%] ⁵
	RR_0/RR_1 ⁹
	RR/CR [-] ¹⁰
	$VC p_g$ [-] ¹¹
	$VC RR$ [-] ¹¹
	w [%] ¹²
	$VC w$ [-] ¹¹
	γ_d [kN/m ³] ¹²
	$VC \gamma_d$ [-] ¹¹
Steekverlies [%] ¹	
Diameter monster [mm] ²	
Uitdrukken monster ³	
Snijrand ⁴	
Vorm snijrand ⁵	
Verhouding inwendig en uitwendig oppervlak ⁶	
ICR [-] ⁷	
m.b.t. steekapparaat	m.b.t. gemeten monsterkwaliteit

1 december 2017

Deltares

Toelichting monsterverstoringsindex, MVI

Procentuele teruggang poriegetal	Beoordeling
<4	Goed
>4 en <7	Gemiddeld
>7 en <14	Slecht
>14	Zeer slecht

MVI is gebaseerd op zwel.

Voor klei: na steken neemt wateronderspanning de spanningsafname van het monster voor zijn rekening; korrelspanning blijft gelijk; geen volume verandering. Als wateronderspanning verdwijnt treedt er volume verandering op, zwel. De verandering in poriegetal bij herbelasten tot terreinspanning laat zien hoe groot deze zwel is.

Voor veen: Tijdens het steken kan het monster zijn samengedrukt, hierdoor lijkt het monster stijf, relatief hoge MVI. In dat geval geeft MVI geen goed beeld.

1 december 2017

Deltares

Ackerman



Geslagen



Gedrukt

Geslagen Ackerman is de standaard in Nederland. Verwacht werd dat gedrukte Ackerman het beter zou doen. Dus met relatief kleine aanpassing kon mogelijk verbetering worden gevonden.

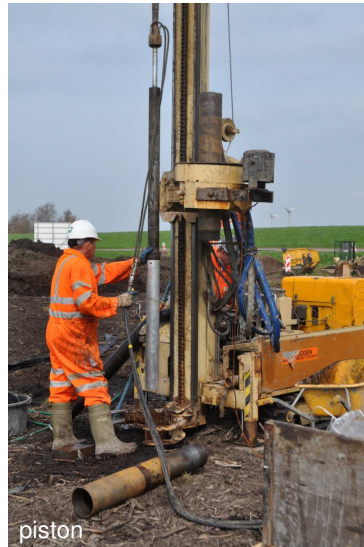
1 december 2017

Deltares

Impressie steken; Begemann en Piston sampler



Begemann



piston

1 december 2017

Deltares

Impressie steken; sonic drill en holle avegaar



1 december 2017

Deltares

Proevenprogramma

	Boordiameter* [mm]	Boorlengte* [mm]
Piston	101.6	850
Begemann	66	onbeperkt**
Ackerman druk	66	400
Ackerman slag	66	400
Sonic drill	78	1000
Holle Avegaar	120	1000
Sherbrooke	250	350
Deltares Large Diameter Sampler, DLDS	400	450 tot 1000

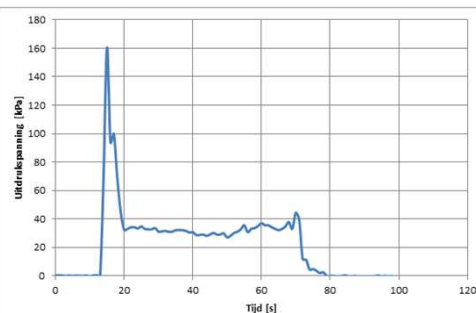
Sherbrooke en DLDS later toegevoegd (tweede ronde), toelichting volgt later in presentatie

1 december 2017

Deltares

Resultaten; Uitdrukken bussen

Boorsysteem	Spanning [kPa]		
	Gemiddeld	max	min
Piston	68	197	23.5
Akkerman Slag	40	380	19.9
Akkerman Druk	34	115	6.8



Deltares

Resultaten; steekverlies

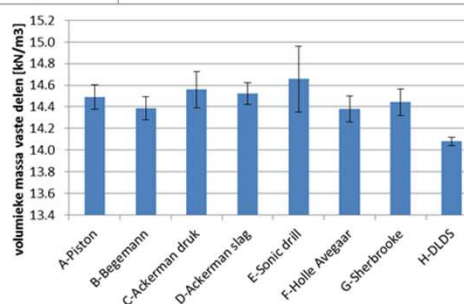
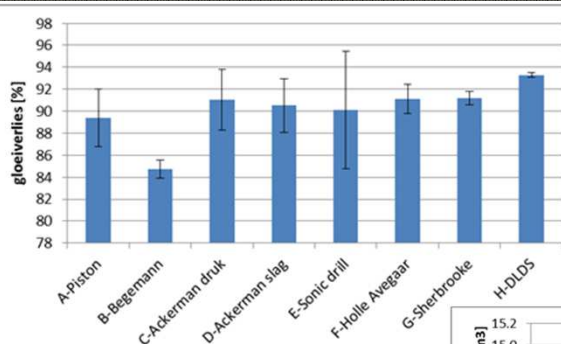
	steekverlies	gem.	st. deviatie	opmerkingen
A	Piston	11%	15%	
A	Piston	4%	4%	zonder twee slechte steken
B	Begemann	3%	1%	
C	Akkerman Druk	28%	8%	
D	Akkerman Slag	35%	19%	
E	Holle Avegaar	44%	40%	
E	Holle Avegaar	24%	29%	zonder slechte boring
F	Sonic Drill	18%	26%	

Steekverlies Sherbrooke nihil, Steekverlies DLDS vrijwel nihil

Deltares

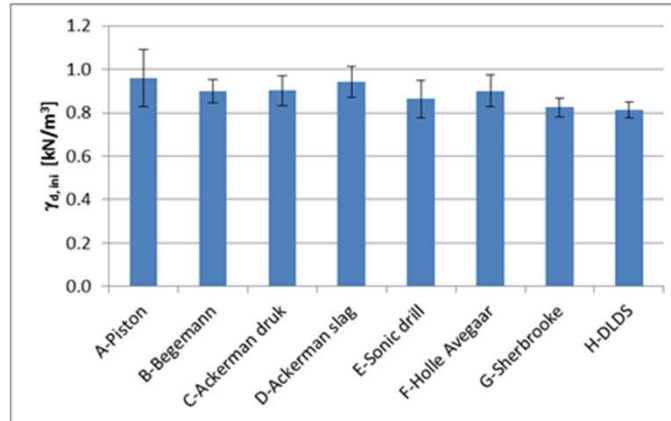
1 december 2017

Resultaten; algemene parameters



1 december 2017

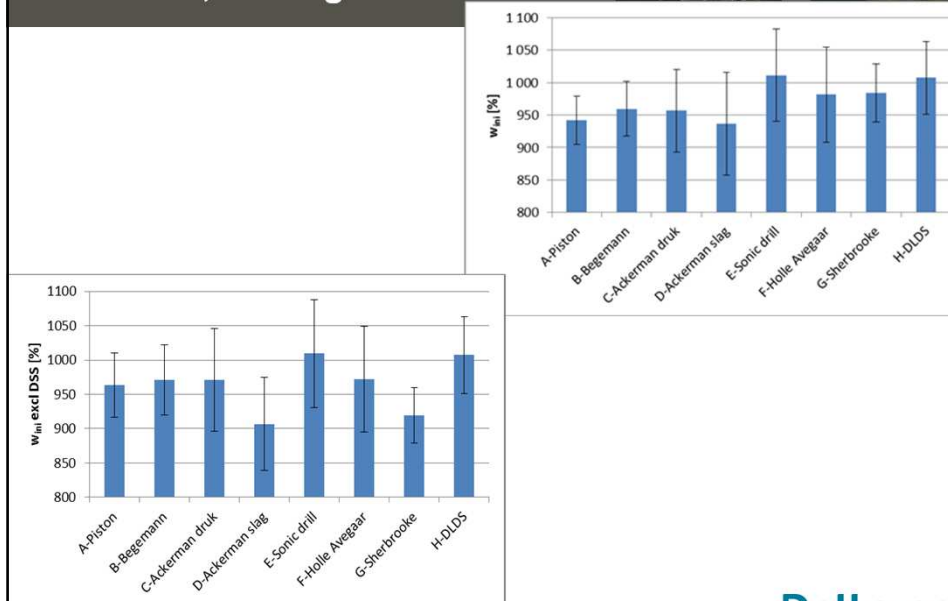
Resultaten droog volumiek gewicht



1 december 2017

Deltares

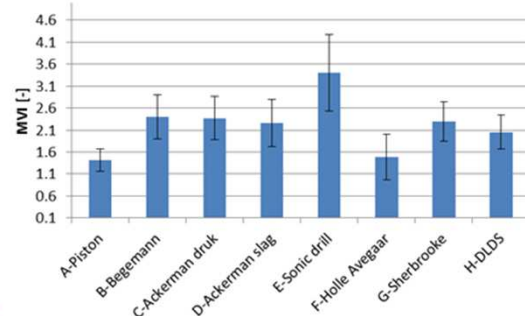
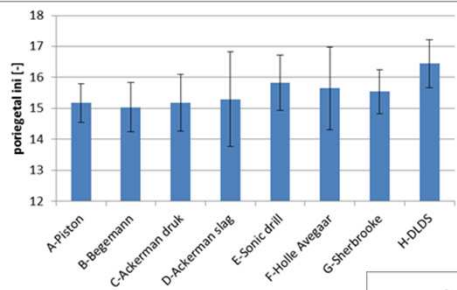
Resultaten: watergehalte



1 december 2017

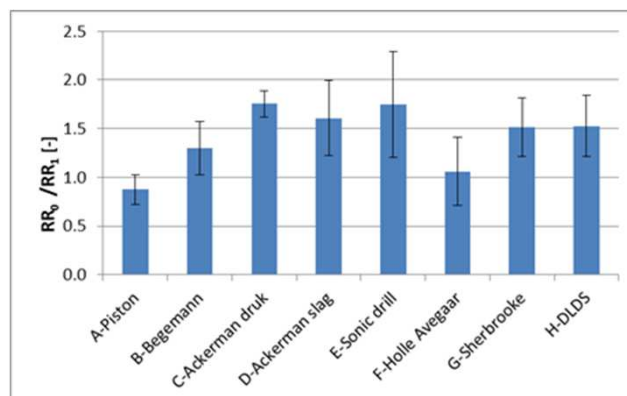
Deltares

Resultaten, poriegetal en MVI



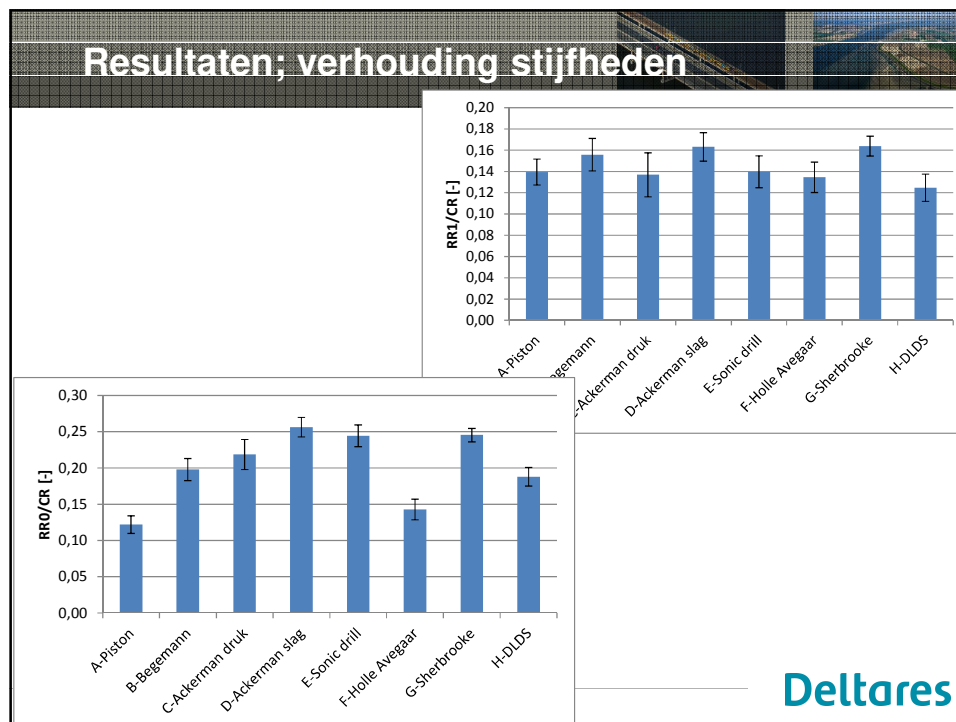
1 december 20

Resultaten, verhouding herbelast stijfheden



1 december 2017

Deltares



Samenvatting resultaten (eerste ronde)

Criteria	Piston	Begemann	Akkerman druk	Akkerman slag	Sonic drill	Holle avegaar
<i>m.b.t. steekapparaat</i>						
Steekverlies [%] ¹	4(11) ^a	3	28	35	18	24(44) ^a
Diameter monster [mm] ²	101.6	66	66	66	114	120
Uitdrukken monster ³	ja	nee	ja	ja	nee	nee
Snijrand ⁴	15°	8°	30°	30°	22°	25°
Vorm snijrand ⁵	snij	get.	snij	snij	snij	snij
Verhouding inwendig en uitwendig oppervlak ⁶	7%	158%	9%	9%	68%	7 % - 56%
ICR [-] ⁷	<0.5%	1.5%	<0.5%	<0.5%	1.7%	<0.5%

Deltares

1 december 2017

Samenvatting resultaten (vervolg eerste ronde)

Criteria	Piston	Begemann	Akkerman druk	Akkerman slag	Sonic drill	Holle avegaar
<i>m.b.t. gemeten monsterkwaliteit</i>						
Monsterverstoringsindex [%] ⁸	1.42	2.40	2.37	2.26	2.96	1.48
RR ₀ /RR ₁ ⁹	0.87	1.29	1.75	1.61	1.75	1.06
RR/CR [-] ¹⁰	0.12	0.20	0.22	0.26	0.24	0.14
VC p _g [-] ¹¹	0.26	0.32	0.31	0.35	0.37	0.44
VC RR [-] ¹¹	0.33	0.33	0.34	0.35	0.49	0.52
w [%] ¹²	964 ^b (923)	971	971	907	1009 ^b (1048)	972
VC w [-] ¹¹	0.08 ^b (0.18)	0.10	0.14	0.13	0.13 ^b (0.18)	0.14
γ _d [kN/m ³] ¹²	0.90 ^b (0.96)	0.90	0.90	0.94	0.89 ^b (0.86)	0.90
VC γ _d [-] ¹¹	0.08 ^b (0.24)	0.11	0.13	0.13	0.15 ^b (0.18)	0.15

1 december 2017

Deltares

Statistische toets op significantie van de verschillen

parameter	As/Ad	As/B	As/P	As/SD	As/HA
W ₀ ¹	aangenomen	aangenomen	aangenomen	verworpen	aangenomen
W ₀ ²	aangenomen	aangenomen	aangenomen	verworpen	aangenomen
W ₀ ³	aangenomen	aangenomen	aangenomen	verworpen	aangenomen
W ₀ ⁴	aangenomen	aangenomen	aangenomen	aangenomen	aangenomen
γ _d ¹	aangenomen	aangenomen	aangenomen	aangenomen	aangenomen
γ _d ²	aangenomen	aangenomen	aangenomen	aangenomen	aangenomen
RR ₀ /RR ₁	aangenomen	aangenomen	verworpen	aangenomen	verworpen
MVI	aangenomen	aangenomen	verworpen	aangenomen	verworpen
p _g	aangenomen	aangenomen	aangenomen	aangenomen	aangenomen
RR ₀	aangenomen	aangenomen	verworpen	aangenomen	verworpen
RR ₀ /CR	aangenomen	verworpen	verworpen	aangenomen	verworpen

T-Toets, Hypothese $H_0: \mu_x = \mu_y$; Uitgangspunt is vergelijking met Ackermann gestoken; betrouwbaarheidsinterval 90%.

Indien hypothese wordt aangenomen kan met 90% zekerheid worden gezegd dat de verwachtingswaarde van beide populaties overeenkomen.

1 december 2017

Deltares

Conclusies:

Ackermann gedrukt geeft niet significant betere resultaten dan geslagen Ackerman

Piston en Holle Avegaar wijken het meest, statistisch significant, af van de geslagen Ackerman. Op basis van ingenieursgevoel afwijkingen gunstig → Piston en Holle Avegaar significant beter dan geslagen Ackerman.

Grote diameter werkt beter dan kleine diameter; mogelijke verklaring voor beter presteren Piston en Holle Avegaar

MVI onduidelijk bij toepassing voor veen

Groot probleem referentie en / of unieke parameter voor kwaliteit ontbreekt

Kans voor tweede ronde met Sherbrooke sampler als referentie.

Aandachtspunt: Sherbrooke bekend vanwege hoge kwaliteit kleimonsters, weinig ervaring met steken veenmonsters

Deltares

1 december 2017

Impressie Sherbrooke sampler



Deltares

1 december 2017

Impressie of Deltares Large Diameter Sampler, DLDS

Ontwikkeld voor:

Steken van slappe klei en veen monsters, die mogelijk eigen gewicht niet kunnen dragen

Diameter: 0.4 m hoogte 0.5 tot 1.0 m

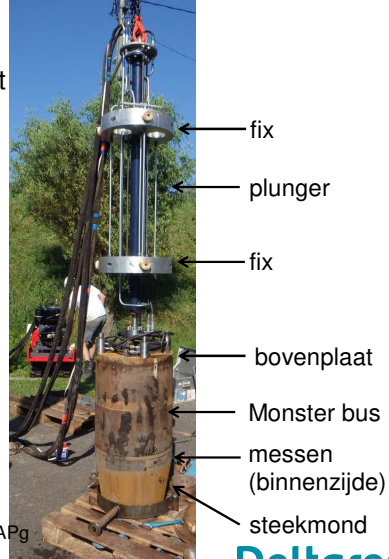
Bemonsteren tot dieptes van 10 m

Down-hole sampler dus voorboren en casing nodig

Hoge kwaliteit monsters:

- Inside clearance ratio = 0
- snijrand, 10°

Ontwikkeld samen met Wiertsema & partners



More information; https://www.youtube.com/watch?v=LHslW_iRAPg

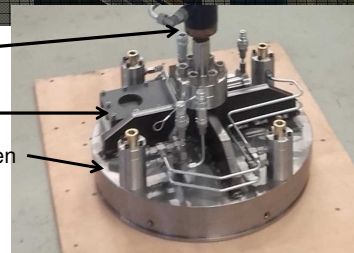
Deltares

1 december 2017

Onderdelen



Aansluiting
plunger
klep
Aansturing messen



bescherming

monsterbus

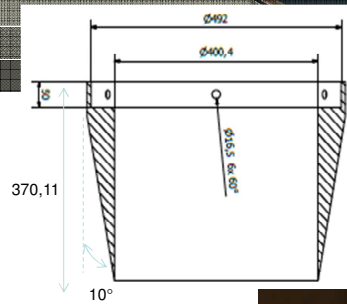
messen

steekmond



1 december 2017

Steekmond



- Scherpe snijrand, doornijden vezels i.p.v. meeslepen
- Hoek snijrand 10°

Deltares

1 december 2017

Waarom grote sampler?



Monsters nodig voor:

- Grote triaxiaalopstelling, *LTA*, $D = 0,40 \text{ m}$, $H = 0,80 \text{ m}$
(Zwanenburg & Van, 2015)
- Grote Simple Shear opstelling, *LDSSA*, $L = 0,26 \text{ m}$, $b = 0,22 \text{ m}$, $h = 0,06\text{--}0,12 \text{ m}$
(Den Haan & Grognet, 2014)

Deltares

1 december 2017

Nadere inspectie Sherbrooke monster

Monsters hadden sterk wisselende kwaliteit
 Met name monsters met aan onderzijde kleiiger
 materiaal waren scheefgezakt
 Dat vond reeds plaats bij het naar boven halen van
 het monster
 Vezels aan de rand waren niet (scherp)
 afgesneden door waterstraal en waren
 vervolgens tegen monster geplakt



1 december 2017

Nadere inspectie DLDS monster

- Vezels scherp afgesneden aan buitenrand
- Meeslepen van vezels is niet opgetreden
- Enig kleurverschil aan bovenzijde, duidt op indringing zuurstof

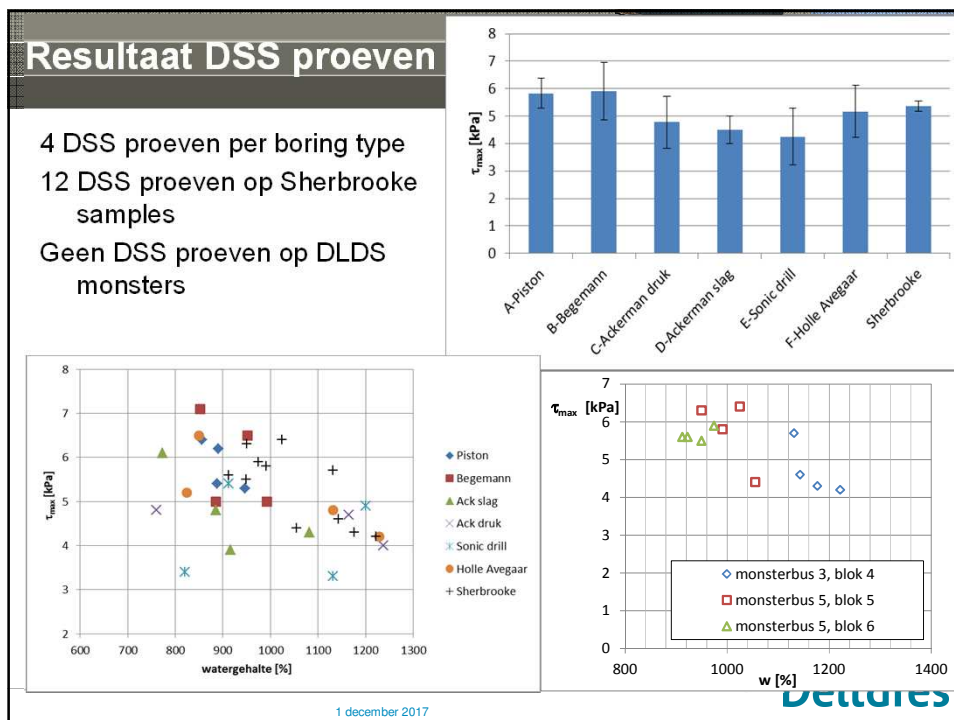
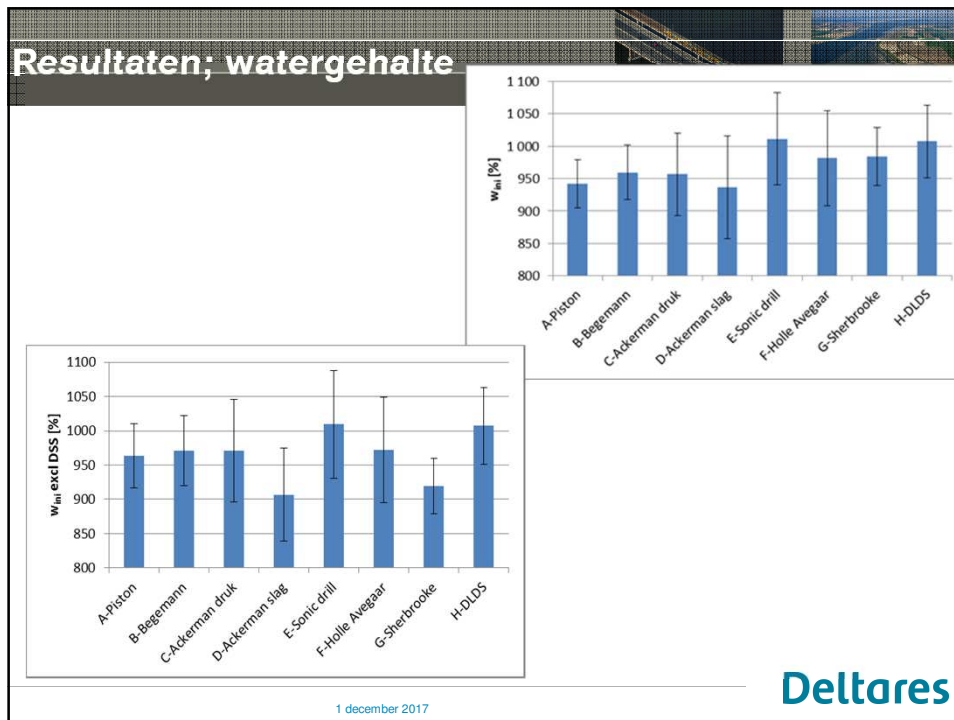
Gebaseerd op eerste resultaten:

- Aanpassingen monsterbus, waterdicht aan boven en onderzijde
- Aandacht voor verdere monsterbehandeling



1 december 2017

Deltares



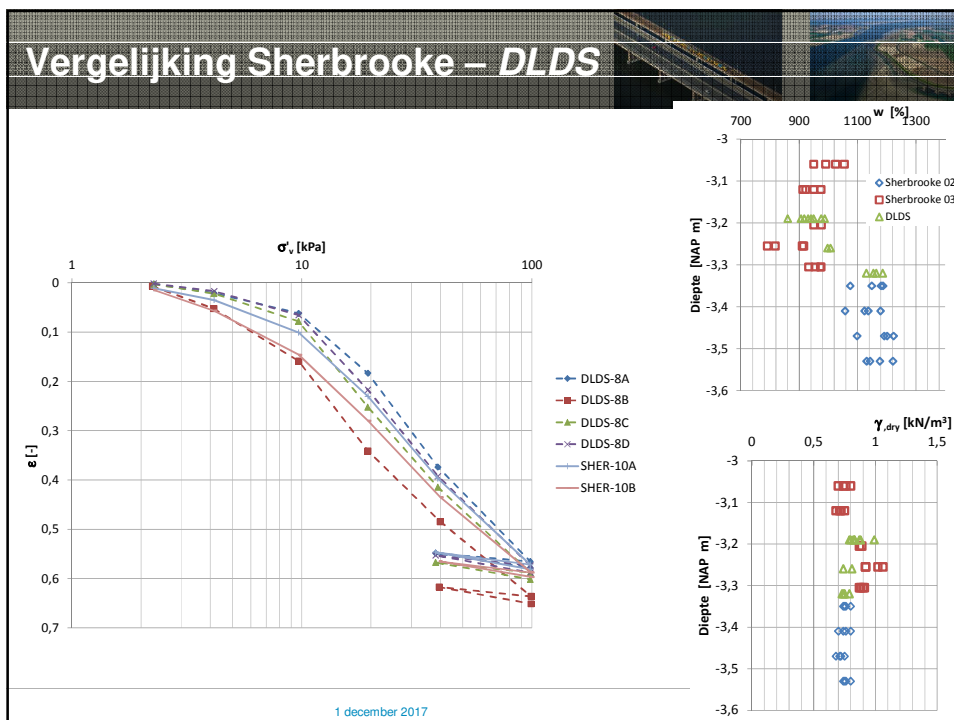
Statistische toets op significantie van de verschillen

parameter	Sherbr/P	Sherbr/B	Sherbr/Ad	Sherbr/As	Sherbr/SD	Sherbr/HA
w_{ni} samendrukking	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 verwerpen	H0 aangenomen
w_{ni} samendrukking excl. uitschieters	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen
w_{ni} totaal	H0 verwerpen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen
w_{ni} totaal excl. uitschieters	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen
$\gamma_{g, ni}$	H0 verwerpen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 verwerpen	H0 aangenomen	H0 aangenomen
$\rho_{0, Becker}$	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen
RR_0	H0 verwerpen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 verwerpen
RR_0/RR_1	H0 verwerpen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 verwerpen
a_0	H0 verwerpen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 verwerpen
a_0/a_1	H0 verwerpen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 verwerpen
MVI	H0 verwerpen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 verwerpen
τ_{max}	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 aangenomen	H0 verwerpen	H0 verwerpen	H0 aangenomen

Nu met Sherbrooke als referentie



1 december 2017



Conclusies

- Blijft lastig; eenduidige parameter om kwaliteit van **onbelaste veenmonsters** te bepalen ontbreekt
- MVI onduidelijk bij toepassing voor veen
- Kwaliteit Sherbrooke monsters sterk wisselend; wordt veroorzaakt door het feit dat het monster niet wordt ondersteund tijdens het naar boven halen
- Ackermann gedrukt geeft niet significant betere resultaten dan geslagen Ackerman
- Piston en Holle Avegaar wijken het meest, statistisch significant, af van de geslagen Ackerman.
- Grote diameter werkt beter dan kleine diameter;
- Nieuwe DLDS ontwikkeld voor (zeer) grote diameter boringen
- DLDS geeft (voor zover we kunnen nagaan) constant hoogwaardige kwaliteit



1 december 2017

Deltares