

Monsterverstoring, de laatste onbekende schakel?

Dr. ir. Cor Zwanenburg
Deltares, Geo-engineering



Inleiding

Bij de aanleg van nieuwe infrastructuur worden hoge eisen gesteld aan het geotechnisch ontwerp. In de dagelijkse ingenieurspraktijk lijkt er echter weinig aandacht te zijn voor de kwaliteit van de bepaling van de parameters op basis waarvan het ontwerp wordt opgesteld. Bekende voorbeelden waar hoge eisen zijn gesteld aan het uiteindelijke ontwerp zijn de strenge zettingeisen van de spoorbaan van de HSL, de beïnvloeding van de aanleg van de Noord – Zuid lijn op zijn omgeving en de lage toelaatbare faalkansen waar waterkeringen op worden gedimensioneerd.

Met de beschikbaarheid van geavanceerde reken technieken kan, rekenkundig, steeds beter worden aangetoond dat een constructie voldoet aan de gestelde, strenge, eisen. Belangrijk bij het uitvoeren van ontwerpberoeeningen zijn de gebruikte invoerparameters. Veelal worden deze parameters bepaald aan de hand van laboratoriumonderzoek. Het is opmerkelijk dat ondanks de hoge eisen die worden gesteld aan het geotechnisch ontwerp er in de dagelijkse praktijk weinig aandacht is voor de kwaliteit van de beproefde monsters. Immers, verwacht mag worden dat

slechte kwaliteit monsters leidt tot een verhoogde onbetrouwbaarheid van de ontwerpparameters en daarmee tot extra onzekerheid in het ontwerp. Toch lijkt in de praktijk de kosten van het steken van monsters te bepalen welke monstername techniek wordt ingezet.

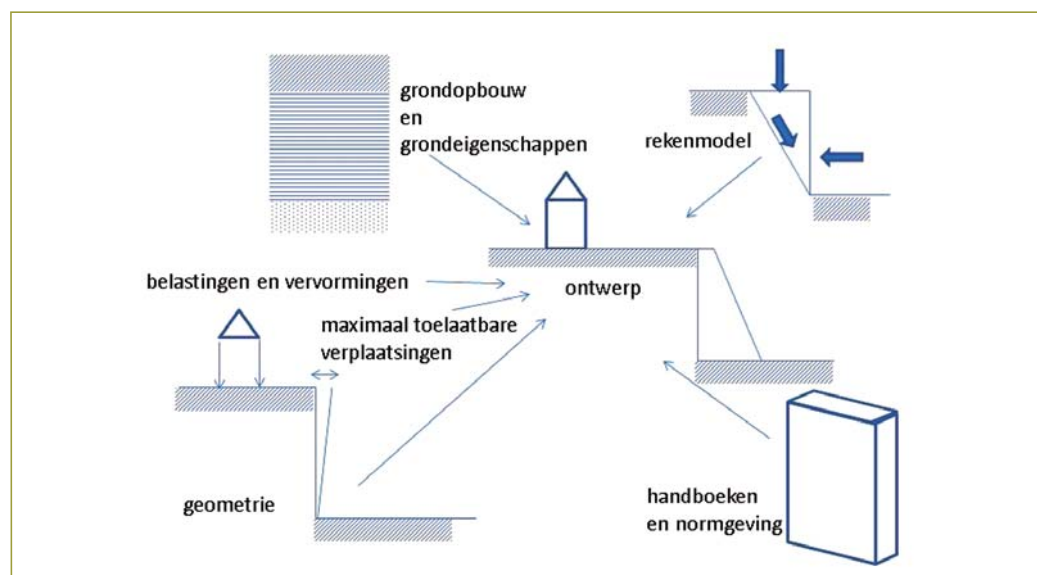
Deze tegenstelling, de strenge eisen tegenover een schijnbaar beperkte belangstelling voor de kwaliteit van grondmonsters, kwam duidelijk naar voren tijdens een workshop die door CUR Bouw & Infra in samenwerking met de Vereniging Ondernemers Technisch Bodemonderzoek, VOTB, is georganiseerd onder de titel van grondonderzoek tot gerealiseerd project. In deze workshop werd geconstateerd dat in de laatste decennia grote stappen zijn gezet in de geotechniek. Met name in het modelleren van grondgedrag zijn veel meer modellen beschikbaar dan enige decennia geleden. Echter, ontwikkelingen in de uitvoering van grondonderzoek, vooral de monstername technieken, lijken achter te blijven. Dit geldt met name voor de Nederlandse ingenieurspraktijk waar verreweg het merendeel van de boringen bestaat uit een puls boring in combinatie met het steken van

Ackermann bussen voor monstername. Deze boormethode wordt al sinds de jaren '30 toegepast. Sindsdien waren aanpassingen van dit systeem vooral gericht op het sneller uitvoeren van de boring. Het steken van monsters met behulp van Ackermann bussen is een techniek die in het buitenland op zijn minst als ouderwets wordt ervaren. In de ons omringende landen wordt het merendeel van de monsters gestoken met een gedrukte piston sampler. De monsters die deze techniek oplevert worden, internationaal, gezien als kwalitatief hoogwaardiger.

De CUR commissie "kwaliteit van Grondonderzoek" wil aandacht schenken aan monsterkwaliteit. Dit artikel geeft de probleemstelling zoals die door de commissie wordt ervaren. Het opstellen van een eenduidige probleemstelling bleek niet eenvoudig. In de volgende paragrafen wordt kort ingegaan op de discussiepunten die tijdens de verschillende commissievergaderingen zijn besproken en de keuzes die gemaakt zijn naar aanleiding van deze discussies. Het onderzoeksprogramma Sterkte en Belasting Waterkeringen, SBW van Rijkswaterstaat heeft tot doel nieuwe kennis te genereren voor het optimaliseren van het toetsen van bestaande waterkeringen aan de gestelde veiligheidseisen. Onzekerheden in grondeigenschappen spelen daarbij een belangrijke rol. Een van de potentieel te reduceren bronnen van onzekerheid is de invloed van monsterverstoring op de parameterbepaling. Door beide onderzoeken op elkaar te laten aansluiten kan nu efficiënt een start worden gemaakt met de uitvoering.

Invloed monsterkwaliteit

In de inleiding is gesteld dat verwacht mag worden dat een lage kwaliteit monsters leidt tot onbetrouwbare parameters en daarmee tot een toename van de onzekerheid in het ontwerp. In de discussies tijdens de commissievergadering bleek deze stelling lastig hard te maken. Figuur 1 geeft een schets van de verschillende componenten die in een geotechnisch ontwerp samenkomen. Parameterbepaling is slechts één van die componenten. De anderen zijn rekenmodel, normen en voorschriften, belastingen en aanwezige geome-



Figuur 1 – Hoofdcomponenten van de het opstellen van een geotechnisch ontwerp, naar Orr & Farrell (1999).

Samenvatting

In de conclusies van een workshop, getiteld: van grondonderzoek tot gerealiseerd project, kwam een merkwaardige paradox naar voren. Enerzijds worden strenge eisen gesteld aan het geotechnisch ontwerp van met name grote projecten, terwijl er anderzijds weinig aandacht lijkt voor de kwaliteit van monsters waarmee in het laboratorium de geotechnische parameters worden bepaald. De CUR commissie

Kwaliteit van Grondonderzoek wil op termijn komen tot een objectieve kwaliteitskenmerk. Een eerste stap in dit proces is een vergelijking tussen de verschillende boortechnieken die voor de dagelijkse praktijk beschikbaar zijn. Dit artikel geeft een toelichting op de keuzes die door de commissies gemaakt zijn bij het opstellen van het onderzoeksplan voor deze eerste stap.

trie. De invloed van de kwaliteit van de invoerparameters op het eindontwerp hangt af van bijvoorbeeld het rekenmodel en toegepaste normen en voorschriften. Zo zal bij het gebruik van een robuuste vuistregel, in combinatie met een ruime veiligheid de invloed van de parameterbepaling op het eindontwerp minder groot zijn, dan wanneer met een hoogwaardig rekenmodel een uitgekiend ontwerp wordt opgesteld. Of anders gezegd; het nauwkeurig meten van parameters en grondgedrag waarvan in het toegepaste rekenmodel geen gebruik wordt gemaakt heeft weinig toegevoegde waarde. Daar staat tegenover dat wanneer, als gevolg van monsterverstoring, bepaalde aspecten in grondgedrag nooit gemeten worden, deze ook nooit in rekenmodellen kunnen worden geïmplementeerd. Het is daarmee niet evident dat in de hele keten van het geotechnisch ontwerp de monsternamen de zwakste schakel is (Mathijssen, 2012).

De kwaliteit van parameterbepaling moet worden gezien in relatie tot het rekenmodel waarin de parameter wordt toegepast. Deze interactie maakt het lastig de gevolgen van monsterverstoring te kwantificeren bijvoorbeeld in termen van kosten als gevolg van overdimensionering of noodzakelijke maatregelen om de vooraf ingeschatte onzekerheden tijdens de uitvoering beheersbaar te maken (v.d. Schrier, 2012). Na lange discussies heeft de commissie besloten vooralsnog een dergelijke kwantificering niet te maken.

Toch heeft de commissie "kwaliteit van Grondonderzoek" besloten zich te richten op het ontwerp monsterkwaliteit. Enerzijds omdat de monsternamen kan worden gezien als het begin van de keten van geotechnisch ontwerp en anderzijds omdat de commissie het beeld heeft dat monsterkwaliteit een onderbelicht aspect is in de Nederlandse adviespraktijk.

Monsterverstoring treedt niet alleen op tijdens het steken van monsters, maar ook tijdens transport, opslag en verdere monsterbehandeling tot aan de inbouw in de proefopstelling in het laboratorium aan toe, bijvoorbeeld de drukpers, figuur 4, waarmee de monsters uit de bussen worden gedrukt. Maar ook het ruimen en reinigen van het boorgat vóór de monsternamen, het zorgvuldig

Figuur 2 - Indeling monsterkwaliteitsklassen conform 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	

afdichten van het monster met parafine of schroefdeksel, het eventueel verder aanvullen van de monsterbus bij onvolledige monsternamen zijn aspecten die belangrijk zijn. Om het probleem af te bakken is besloten te concentreren op monsterverstoring als gevolg van het steken. Voor verschillende steekmethoden geldt dat een zorgvuldige uitvoering leidt tot minder monsterverstoring dan een slordige uitvoering, waarbij mogelijk de dagelijkse praktijk ergens tussen beide uitersten in valt. Besloten is te kijken naar de zorgvuldige uitvoering, dus wat voor de verschillende monsternamen technieken optimaal haalbaar is.

Een complicerende factor is dat er momenteel geen goede eenduidige schaal voor monsterkwaliteit beschikbaar is voor monsternamen uit veen en humeuze kleilagen. In de Noorse praktijk is een monsterverstoringsindex, MVI, gedefinieerd op basis van het zwelgedrag na het steken van het monster (Lunne et al., 1997, 2006). Bij het herbelasten van het monster tot aan de oorspronkelijke terreinspanning wordt de verandering in poriegetal bepaald. De verhouding van verandering van het poriegetal en het initiële poriegetal, ($\Delta e/e_0$) tijdens het terugbelasten naar de terreinspanning dient zo klein mogelijk te zijn. In dat geval hebben zuigspanning in het monster, een deel van de afname van de totaal spanning overgenomen waardoor de effectieve spanning grotendeels onveranderd is gebleven. Hierbij wordt de volgende schaal gehanteerd:

Monsterkwaliteit

$\Delta e/e_0 < 0,04$	zeer goed tot uitstekend
$0,04 < \Delta e/e_0 < 0,07$	goed tot middelmatig
$0,07 < \Delta e/e_0 < 0,14$	slecht
$\Delta e/e_0 > 0,14$	zeer slecht

De vraag is of dit voor de Nederlandse omstandigheden van humeuze grondsoorten in combinatie met de Ackermann steekbus een goede maat voor monsterverstoring oplevert. Immers, indien tijdens het steken een steekverlies optreedt, het monster wordt tijdens het steken in elkaar gedrukt, en vervolgens tijdens het transport en opslag enigszins uitdroogt, zal het monster bij herbelasten tot de oorspronkelijke terreinspanning stijf reageren. Daarbij komt dat in veen het initiële poriegetal aanzienlijk groter is dan in de kleisoorten waarvoor de MVI is bepaald. Mogelijk dat bij het onderscheiden van de goede en minder goede kwaliteit monsters op basis van de MVI voor veen andere grenswaarden zouden moeten worden gehanteerd.

De Eurocode NEN-EN 1997-2 maakt gebruik van kwaliteitsklassen voor monstermateriaal. In totaal worden er 5 klassen onderscheiden, zie figuur 2. De indeling in klassen is afhankelijk van de mate waarin de genoemde parameters in het monster afwijken van de oorspronkelijke grondlaag waaruit deze is gestoken. Dus alleen wanneer al de genoemde parameters tijdens het steken en verder behandelen van het monster onveranderd zijn ge-

bleven is er sprake van een klasse 1 monster. De norm geeft echter niet aan hoe de controle op verandering van de genoemde parameters dient te worden uitgevoerd.

Met betrekking tot de boormethoden wordt onderscheid gemaakt naar categorie A, B en C, waarbij categorie A de hoogst haalbare is. De norm NEN-EN-ISO 22475-1/C11 geeft een beschrijving van de categorieën. De indeling van de categorieën is niet alleen afhankelijk van de boormethode, maar ook van de grondsoort. Zo zijn voor stijve klei aanzienlijk meer methoden, die vallen in categorie A, geschikt voor het steken van een monster van kwaliteitsklasse 1 of 2, dan bij organische grond. Overigens geeft de norm alleen aan welk kwaliteitsklasse met welke categorie steekapparaat haalbaar is. Hoe gecontroleerd kan worden of de kwaliteitsklasse daadwerkelijk is bereikt wordt niet aangegeven. Het ontbreken van eenduidige criteria voor het controleren van de bereikte monsterkwaliteit maakt het lastig de voorgestelde indeling in de praktijk toe te passen.

Ervaringen uit het verleden

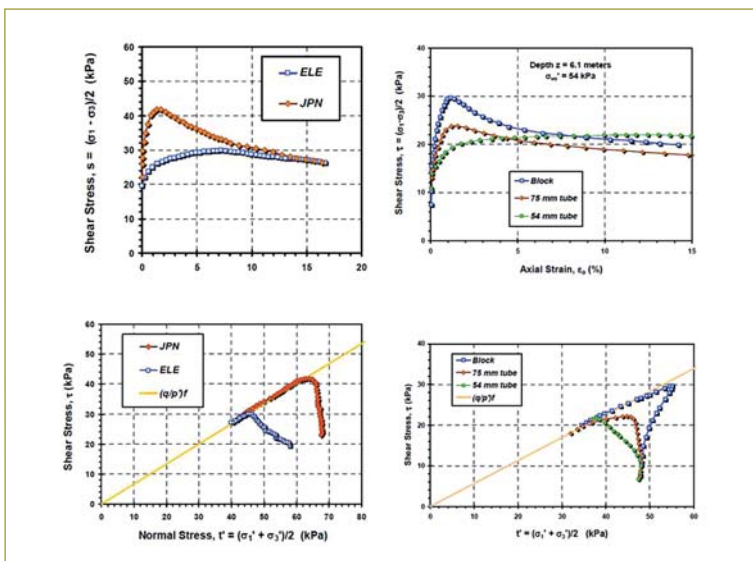
In de literatuur zijn verschillende studies naar monsterverstoring beschikbaar. Deze studies kunnen grofweg worden onderverdeeld in twee typen. Er zijn studies naar theoretische verklaringen van het optreden van monsterverstoring tijdens het steken. Voorbeelden van deze studies zijn Baligh et al. (1987), Clayton et al. (1998), Santagata et al. (2006). Deze studies eindigen meestal in aanbevelingen over afmetingen van steekapparaten, zoals wanddikte ten opzichte van de diameter etc. In

deze studies wordt de monsterverstoring door transport, opslag en monsterbehandeling buiten beschouwing gelaten. Het tweede type betreft studies waarin monsters gestoken met een nieuw of verbeterd apparaat wordt vergeleken met een optimale steekmethode. Voor de optimale steekmethode wordt dan een blok monster of een Laval of Sherbrooke sampler gebruikt. Voorbeelden van recente studies zijn Tanaka et al. (1996, 2001), Lunne et al. (2006) en Long et al. (2009).

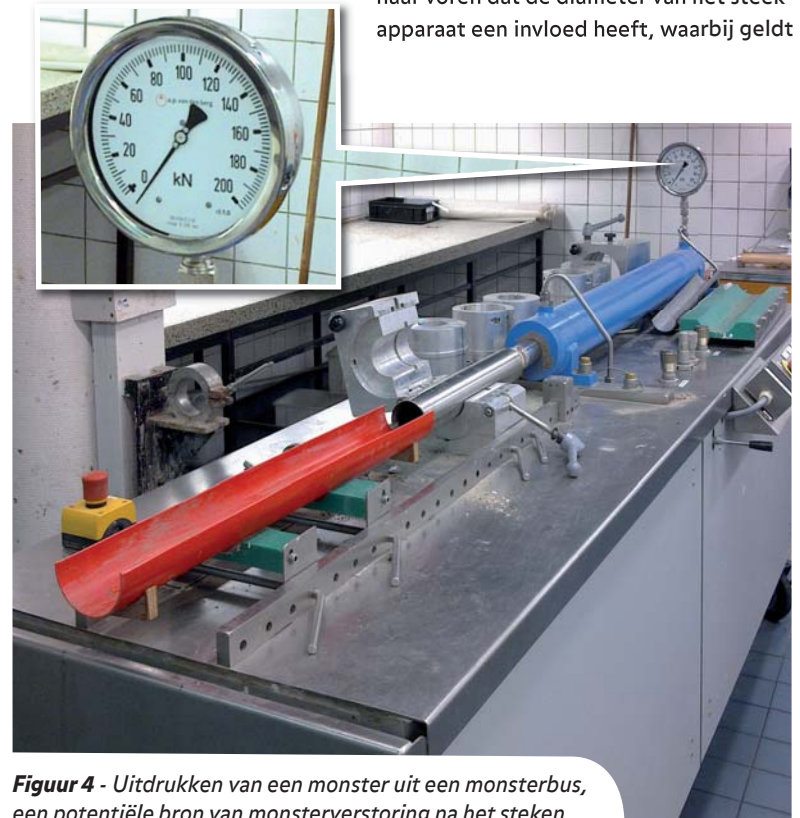
In deze artikelen wordt de invloed van monsterverstoring inzichtelijk gemaakt door middel van een vergelijking van proefresultaten. Dat wil zeggen dat in deze studies niet alleen de invloed van het verschil in steken, maar ook de invloeden van transport, opslag en verdere behandeling impliciet zijn meegenomen. In veel van deze studies wordt, naast een vergelijking in classificatie parameters zoals het watergehalte of poriegetal, een vergelijking gemaakt tussen de sterkte eigenschappen. In een state of the art paper van de 17e international conference on soil mechanics and geotechnical engineering (Mayne et al., 2009) worden voorbeelden gegeven van monsterverstoring op proefresultaten. Ter illustratie zijn deze voorbeelden herhaald in figuur 3. De voorbeelden volgen uit de eerder genoemde publicaties waaruit blijkt dat monsterverstoring een negatieve invloed heeft op de grootte van de gemeten pieksterkte, de verschillende stijfheidsparameters en de terugval in sterkte na het overschrijden van de pieksterkte. Specifiek voor samendrukkingproeven geldt dat grensspan-

ning en de stijfheid voor de grensspanning sterk beïnvloed worden door monsterverstoring. De resultaten uit figuur 3 betreffen proeven op gestructureerde klei. De invloed van monsterverstoring slappe plastische klei zal wellicht anders zijn.

In de internationale literatuur is weinig terug te vinden over monsternamen van veen en humeuze klei. Helenalund et al. (1972) geeft een beschrijving van de toepassing van verschillende technieken op veen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen vezelig, weinig vergaan veen en sterk vergaan, weinig vezelig veen. Bij sterk vergaan weinig vezelig veen wordt een invloed van monsterverstoring op parameterbepaling gevonden die lijkt op de wijze waarop klei eigenschappen worden beïnvloed. Voor sterk vezelig veen wordt een andere trend gevonden, de stijfheid lijkt af te nemen en de pieksterkte toe te nemen met toenemende monsterverstoring. Een meer recente studie vormt Den Haan (2003). In deze studie wordt een vergelijking gemaakt tussen monsters gestoken met het Begemann boorsysteem, Ackermann bussen en de Laval techniek waarmee monsters zijn gestoken op Oostvaardersplassenklei. Een van de conclusies uit deze studie is dat zolang tijdens het steken en verdere monsterbehandeling het volume van het monster constant blijft, de verstoring van het monster beperkt blijft. Landva (2007) vindt kleine verschillen tussen parameters, bij een studie op veenmonsters, terwijl Long (2006) in een studie op Ierse organische klei grotere verschillen rapporteert. Uit de verschillende studies komt naar voren dat de diameter van het steekapparaat een invloed heeft, waarbij geldt



Figuur 3 - De invloed van monsterverstoring op de bepaling van sterkte parameters uit Mayne et al (2009). Links: ELE en JPN zijn beiden piston samplers, beide met verschillende afmetingen Rechts: vergelijking tussen enerzijds proeven op monsters gestoken met twee piston samplers en anderzijds verschillende diameter met een proef op een blok monster.



Figuur 4 - Uitdrukken van een monster uit een monsterbus, een potentiële bron van monsterverstoring na het steken.

hoe groter de diameter hoe kleiner de monsterverstoring.

De Studie

De CUR commissie "kwaliteit van grondonderzoek" heeft zich tot doel gesteld de kwaliteit van monsternamen techniek te verbeteren. Een van de lange termijn doelen is te komen tot duidelijke criteria op basis waarvan monsterkwaliteit eenduidig kan worden vastgesteld. Uit de notitie Dijkstra (2012) blijkt dat het niet evident is welke parameter of combinatie van parameters daar het meest geschikt voor is. Momenteel lijkt de stap naar het meten van een parameter die direct kan worden gerelateerd aan de kwaliteit van het monster nog een stap te ver. Mogelijk dat er verschillende criteria voor verschillende grondsoorten nodig zijn. Hoewel nog niet duidelijk is hoe het gestelde einddoel te bereiken is, is besloten wel alvast een eerste stap te maken. Deze eerste stap bestaat uit een onderlinge vergelijking van de boormethoden die nu voor de Nederlandse praktijk beschikbaar zijn. Uit deze eerste stap volgt de indruk van de invloed van boormethoden op de uiteindelijke parameterbepaling en daarmee op het ontwerp. Het geeft ook aan in hoeverre met reeds beschikbare technieken een verbetering op dit gebied bereikbaar is.

Bij voorkeur wordt de vergelijking gemaakt op zowel, veen als humeuze klei, stijve klei en zandmonsters. In de eerste stap richt de aandacht zich op veen. De gedachte hierachter is dat in de Nederlandse praktijk het met name de veen en humeuze kleilagen zijn die leiden tot onzekerheid in het ontwerp en problemen in de uitvoering. Daarbij komt dat voor stijve klei reeds veel onderzoek is uitgevoerd. Overigens wordt opgemerkt dat het steken van hoogwaardige zand- en grindmonsters ook problemen kent. Zo wordt in norm NEN-EN-ISO 22475-1/C11 aangegeven dat weinig methoden beschikbaar zijn voor het steken van een hoogwaardig monster van deze materialen. Dit geldt met name voor losgepakt zand en zand boven de grondwaterstand. Naar aanleiding van de resultaten van de eerste stap zal worden nagegaan hoe de vervolgstappen worden ingericht. In totaal zijn zes steekmethoden geselecteerd die in het onderzoek worden betrokken:

- Geslagen Ackermann bussen. Dit is de methode die in Nederland het meest wordt toegepast. Volgens een ruwe schatting van de commissie wordt in Nederland 95% van de monsters met een geslagen Ackermann bus gestoken.
- Gedrukte Ackermann bussen. Deze methode wordt in Nederland zelden toegepast, echter de verwachting is dat door wegdrücken van de bussen er minder verstoring optreedt dan bij de geslagen bussen. Als dit ook uit het onderzoek volgt

zou wellicht relatief eenvoudig, met beschikbaar materieel, een verbetering van de steekmethoden kunnen worden gerealiseerd.

- Begemann boring, deze methode wordt in beperkte mate in de Nederlandse praktijk toegepast. Volgens een ruwe schatting van de commissie wordt in Nederland circa 2 à 3% van de monsters met een Begemann boring gestoken.

- Holle Avegaar, ook deze methode wordt beperkt toegepast. Volgens een ruwe schatting van de commissie wordt in Nederland circa 2 à 3% van de monsters met een holle avegaar gestoken.

- Piston sampler, deze methode wordt internationaal veel toegepast, echter in Nederland zelden. Sonic drilling, dit is een methode die recent in Nederland is geïntroduceerd.

Met elk van de methoden worden in een proefveld op korte afstand van elkaar drie boringen gestoken. Een van de drie boringen zal visueel worden beschreven. Uit de andere twee boringen worden monsters geselecteerd voor classificatie testen en verdere beproeving.

Veen wordt gekenmerkt als een sterk heterogeen materiaal. Verschillen in proefresultaten worden daarmee niet alleen bepaald door het verschil in monsternamen, maar ook door de natuurlijke variatie van het materiaal. Om dit te ondervangen is het onderzoek in de volgende 4 stappen opgebouwd.

Ten eerste zal elk van de monsters worden beschreven door een geoloog en wordt het watergehalte, gloeiverlies, dichtheid en massa vaste stof bepaald. Deze resultaten zullen worden gebruikt om na afloop na te gaan in hoeverre afwijkende resultaten kunnen worden gekoppeld aan geologische omschrijving en monsterclassificatie.

Ten tweede wordt op een relatief groot aantal monsters samendrukkingsproeven uitgevoerd. Het uitvoeren van een groot aantal proeven geeft de mogelijkheid om met statistiek verwachtingswaarden en onder- en bovengrenzen aan te geven. De samendrukkingsproef geeft de mogelijkheid om een groot aantal proeven efficiënt door één laboratorium en een beperkt aantal laboranten uit te laten voeren. Hierdoor worden verschillen in resultaten als gevolg van verschillen in werkwijze tussen laboratoria en laboranten vermeden.

Ten derde wordt het belastingschema zo ingericht dat er zowel voor als na de grensspanning een aantal belastingstrappen worden toegepast. Tevens wordt ruim na de grensspanning een ontlast en herbelaststap uitgevoerd. De gedachte hierachter is dat in een samendrukkingsproef met name de stijfheid voor de grensspanning en de bepaling van de grensspanning zelf wordt beïnvloed door

monsterverstoring. De stijfheid, die uit de herbelaststap ruim na de grensspanning wordt bepaald, is niet beïnvloed door monsterverstoring. Door nu de stijfheid voor de grensspanning te vergelijken met de stijfheid uit de herbelaststap ontstaat een indruk van de mate van verstoring. Omdat beiden uit dezelfde proef worden bepaald, kunnen ze rechtstreeks met elkaar worden vergeleken. Een eventueel verschil wordt niet beïnvloed door heterogeniteit van het veen. Nadat beide stijfheden en grensspanning per proef zijn bepaald kunnen de gevonden waarden onderling worden vergeleken. Per monsternamen techniek kan een verwachtingswaarde en spreiding worden bepaald. De monsternamen techniek waarvoor geldt dat de stijfheid voor de grensspanning het minst afwijkt van de stijfheid die volgt uit de herbelaststap is dan de monsternamen techniek die het minst tot monsterverstoring leidt. Voor de grensspanning is het criterium minder duidelijk. Immers er is geen goede referentie beschikbaar. Wel kan uit onderling vergelijk een indruk worden verkregen van de spreiding die per monsternamen techniek en tussen de monsternamen technieken onderling wordt verkregen.

Ten vierde worden ook Direct Simple Shear, DSS, proeven uitgevoerd. Het aantal DSS proeven zal kleiner zijn dan het aantal samendrukkingsproeven. Naar aanleiding van de resultaten van de samendrukkingsproeven zal een keuze worden gemaakt welke monsters van welke boormethode zullen worden beproefd.

Het doel van de sterkteproeven uit de vierde stap is om naast stijfheidseigenschappen ook een indruk te krijgen van de invloed op sterkte eigenschappen. Met de resultaten kan een vergelijking worden gemaakt met de beschikbare informatie over monsterverstoring voor niet-humeuze kleisoorten, zie figuur 3.

Afsluiting

Indien uit de proeven weinig verschil blijkt in gemeten parameters wil dit niet zeggen dat er geen monsterverstoring optreedt. Er is immers geen referentie, alle 6 technieken kunnen dan tot een vergelijkbare mate van monsterverstoring leiden. Ook is het mogelijk dat monsterverstoring als gevolg van transport, opslag en verdere monsterbehandeling een groter stempel op het resultaat drukt dan verstoring door het steken alleen. Indien er wel duidelijke verschillen tussen de verschillende steekmethoden blijken, kan dit verschil worden aangegrepen om monsterkwaliteit meer onder de aandacht te brengen. Omdat alle 6 de technieken voor de Nederlandse markt beschikbaar zijn kan in dat geval op korte termijn een kwaliteitslag in monsternamen technieken worden

gemaakt. De resultaten van het onderzoek kunnen worden gebruikt voor het geven van handvaten voor het toepassen van de indeling die in de Eurocode NEN-EN 1997-2 en NEN-EN-ISO 22475-1/C11 wordt gegeven. De nadruk op de praktische toepassing en aandacht voor organische grond vormt de meerwaarde van het voorgestelde onderzoek ten opzichte van de reeds uitgevoerde onderzoeken en beschikbare publicatie in de internationale literatuur.

Voor de langere termijn blijft het doel te komen tot een eenduidig vast te stellen criterium waarmee monsterkwaliteit kan worden vastgelegd.

Literatuur

- Baligh M.M., Azzouz A.S., Chin C-T (1987) *Disturbances due to ideal" tube sampling* Journal of Geotechnical Engineering vol. 113 no 7 p 739-757.
- Clayton C.R.I., Siddique A., Hopper R.J. (1998) *Effects of sampler design on tube sampling disturbance – numerical and analytical investigations* Géotechnique vol 48 no 6 p 847-867.
- Dijkstra J., (2012) CUR Commissie "kwaliteit van grondonderzoek", notitie monsterverstoring 16 november 2012 interne notitie, verslaglegging studiereis NGL. .
- Den Haan E.J. (2003) *Sample Disturbance of*

- Oostvaardersplassen clay*. Proc. 3rd Int. Symp. *On deformation characteristics of Geomaterials*, Lyon, Swets & Zeitlinger Vol. 1 p 49-55.
- Helenelund K.V., Lindqvist L-O, Sundman C. (1972) *Influence of sampling disturbance on the engineering properties of peat samples*. Proc. 4th Int. Peat Congres, Helsinki Vol II p 229-240.
- Landva A.O. (2007) *Characterization of Escuminiac peat and construction on peatland in: Characterisation and engineering properties of natural soils*. Tan, Phoon, Hight & Leroueil (eds) Taylor & Francis group ISBN 978-0-415-42691-6.
- Long M. (2006) *Use of a downhole block sampler for very soft organic soils*. Geotechnical testing journal 25(3), p 1-20.
- Long M., El Hadj N., Hagberg K. (2009) *Quality of conventional fixed piston samples of Norwegian soft clay*. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering 135: 2 p185-198.
- Lunne T., Berre T., Strandvik S. (1997) *Sample disturbance in soft low plastic Norwegian clay Recent developments in Soil and Pavement mechanics*. Almeid (ed) Balkema Rotterdam, ISBN 90 5410 885 1.
- Lunne T., Berre T., Andersen K.H., Strandvik S., Sjursen M. (2006) *Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine*. Norwegian clays Canadian

- Geotechnical Journal* vol 43 p 726-750.
- Mathijssen F.A.J.M. (2012) *Memo ontwikkelactiviteiten in de geotechnische keten interne notitie*. H03104-M-79-FMAT0b.
- Mayne P.W., Coop M.R., Springman S.M., Huang A-B, Zornberg J.G. (2009) *Geomaterial behaviour and testing*. Proc. Of the 17th Int. Conf. on soil mechanics and geotechnical engineering, Hamza, Shahien El-Mossallamy (eds) Alexandria IOS press ISBN 978-1-60750-031-5.
- Orr, T. L. L., & Farrell, E.R. (1999) *Geotechnical design to Eurocode 7*, Springer - Verlag London limited.
- Santagata M., Sinfield J.V., Germaine J.T. (2006) *Laboratory simulation of field sampling: comparison with ideal sampling and field data*. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering vol 132 no 3 p 351-362.
- Van de Schrier J. (2012) *Nut en noodzaak betere monsternamen grondonderzoek*. Interne notitie nr 51403/JsvdS/MCUR-001/419190/Nijm.
- Tanaka M., Tanaka H., Shiwakoti D.R. (2001) *Sample quality evaluation of soft clays using six types of samplers*. Proc. Of the 11th international offshore and polar engineering conf. Vol. 2 p 493-500, Stavanger Norway, The International society of offshore and polar engineers ISBN 1-880653-53-2. ●



EEN WERELD AAN DRAAGVERMOGEN

