



---

**IFCO Funderingsexpertise BV**

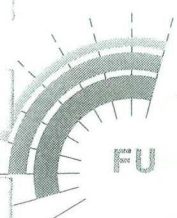
Limaweg 17  
2743 CB Waddinxveen  
Postbus 429  
2740 AK Waddinxveen

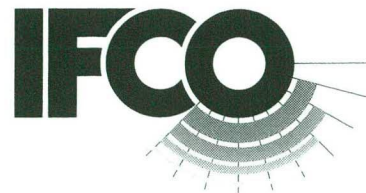
Tel: (0182) 646 646  
Fax: (0182) 646 654  
E-mail: [mail@ifco.nl](mailto:mail@ifco.nl)  
Web: [www.ifco.nl](http://www.ifco.nl)

**ONDERZOEK NAAR HET  
JETGROUTSCHEM OP DE  
WESTOEVER VAN HET  
CALANDTUNNEL PROJECT.**

25 MAART 2002

Opdrachtgever: Combinatie Caland Tunnel (CCT)  
Postbus 1182  
3180 AD Rozenburg  
Referentie : R01AS048.002

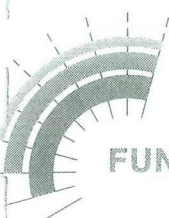




BIBLIOTHEEK  
Bouwdienst Rijkswaterstaat  
Postbus 20.000  
3502 LA Utrecht

## INHOUDSOPGAVE:

1.	INLEIDING.....	2
2.	BESCHIKBARE GEGEVENS.....	3
2.1.	HET PROJECT.....	3
2.2.	DE GRONDGESTELDHEID.....	4
2.3.	HET PROBLEEM.....	5
3.	ALGEMEEN.....	6
4.	VRAAGSTELLING.....	9
	VRAAG 1.....	9
	VRAAG 2.....	10
	VRAAG 3.....	11
	VRAAG 4.....	14
	VRAAG 5.....	15
	VRAAG 6.....	15
	VRAAG 7.....	17
	VRAAG 8.....	18
	VRAAG 9.....	18
5.	BIJLAGEN.....	19



## 1. Inleiding

In opdracht van de Bouwdienst Rijkswaterstaat en CCT heeft IFCO een onderzoek ingesteld naar de problemen die zich hebben voorgedaan bij het jetgroutscherm met betrekking tot de grondkerendheid van dit scherm.

In het kader van de opdracht zijn de volgende vragen geformuleerd:

Vraag 1.

Is de groutschermconstructie een verantwoorde oplossing?

- A. Als tijdelijke constructie (max. 1 jaar) t.b.v. het vrijhouden van de afzinksleuf tot een diepte van max. 24 m – NAP.
- B. Als permanente constructie (duurzaamheid 100 jaar) t.b.v. het vrijhouden van de definitieve sleuf tot een diepte van ca. 14 m – NAP.

Vraag 2.

Heeft het bestek voldoende inzicht verschaft m.b.t. de ontwerp criteria van optredende (relatieve) vervormingen (combiwand versus groutlichaam), vereiste (relatieve) stijfheden, grondsamenstelling, eventuele vervuiling van grond en/of grondwater, etc. om de productieparameters van de groutkolommen op te kunnen baseren?

Vraag 3.

Zijn door CCT en Visser & Smit Bouw (uitvoerende Onderaannemer van de Combinatie Calandtunnel) de juiste uitvoeringsparameters gekozen m.b.t. diameter/lokatie/aantal groutkolommen, mate van overlappen, voorkomen holle ruimten, groutsnelheden, groutmengsel, locatie van na-injectie-punten, etc. op basis van de beschikbare informatie?

Vraag 4.

Kan paal E een nadelige invloed hebben gehad op de vorm van het te maken groutscherm?

Vraag 5.

Was het inkapselen van de Tubex palen en/of de te verwijderen paal D te voorkomen, zoals aangegeven op de bestekstekeningen?

Vraag 6.

Vragen m.b.t. de PWI.

- A. Zijn de bestekseisen/randvoorwaarden goed verwerkt in de projectwerkinstructie (PWI)?
- B. Zijn de uitvoeringsrisico's (lekage/ inkapselen Tubex palen, etc.) goed afgedekt door beheersmaatregelen.
- C. Is er gewerkt conform PWI?

Vraag 7.

Wat zijn volgens U de belangrijkste oorzaken voor de lekkage van het groutscherm?





In de fax 20020133/50.01/RVR/ILE van 14 januari 2002 vraagt CCT nog aanvullend:

Vraag 8.

Wat is de mening van IFCO ten aanzien van trek in het groutlichaam.

Vraag 9.

Wat is de visie van IFCO ten aanzien van oorzaak en gevolg van de gebeurtenissen (volgorde).

## 2. Beschikbare Gegevens.

Door partijen is een grote hoeveelheid gegevens ter beschikking gesteld. Deze gegevens zullen niet in dit kader gespecificeerd worden doch vermeld als referentie bij de bespreking van de verschillende aspecten.

In eerste instantie is concept-rapport R01AS048.001 gepresenteerd met het verzoek zo mogelijk aanvullende informatie te verstrekken omtrent enige niet-zekere aspecten. De betrokken partijen, Bouwdienst Rijkswaterstaat (TEC), CCT en Visser en Smit, hebben inderdaad verduidelijkende informatie verstrekt, terwijl bovendien nog een advies van de TU-Delft, Subfaculteit Civiele Techniek, is toegevoegd. Dit advies is uitgebracht op verzoek van de Bouwdienst Rijkswaterstaat. Blijkbaar was de TU-Delft gevraagd het concept-rapport van IFCO op enige aspecten te toetsen. Het is ons niet bekend in hoeverre de Bouwdienst Rijkswaterstaat zich schaart achter de inhoud van dit advies en dit aan ondergetekende presenteert als zijnde een advies, dat door haar is uitgebracht. Opgemerkt wordt nog dat de toetsing, zoals door TU-Delft is uitgevoerd, afwijkt van de aan IFCO gestelde vragen.

Volledigheidshalve zal toch aandacht besteed worden aan deze toetsing.

### 2.1. Het project.

Het project behelst de aanleg van de Caland Tunnel als afzinktunnel in het Calandkanaal. Ontgravingsdiepte van de zinksleuf ter plaatse van het jetgroutscherm. 24 m – NAP. De wanden van het relevante gedeelte van de zinksleuf aan de zuidzijde zijn gerealiseerd met behulp van Combiwanden (casingdiameter 1820 mm, wanddikte 22 mm, 3070 mm h.o.h. met vulplanken PU 20).

Het niveau van het maaiveld is 5,5 m + NAP.

Ter beperking van de buigende momenten in de wand is aan de buitenzijde van de wand een ontlastsleuf aangebracht tot een diepte van 5,5 m – NAP.

Het ontwerp voorzag in een open bemaling in de ontlastsleuf met een handhaving van de waterspiegel op 2 m – NAP; het niveau van de grondwaterstand in het achterliggende terrein wordt geschat op 0,5 – 1,0 m + NAP.

Taludhelling van de ontlastsleuf boven de waterspiegel 2(v): 3(h) en onder de waterspiegel 1(v): 3(h).

Ter plaatse van het bestaande windscherm was het niet mogelijk de Combiwand door te zetten. Voor de overblijvende sparing met een dagmaat van ca. 1,6 m tussen aangrenzende casings werd in het bestek een vulling van jetgrout voorgeschreven tussen de niveaus 3 m + NAP en 26,5 m – NAP in combinatie met injectiebuisjes ten behoeve van eventueel na-injecteren.





De uitwendige afmetingen van de te formeren jetgroutdoorsnede waren globaal op tekening CAL-BC-OOK-9083 d.d. 7/11/97 aangegeven.

Volgens de opgave van TEC (Telefax 12 december 2000) had de jetgroutwand een grondkerende functie, behoefde het scherm niet 100 % waterdicht te zijn, maar moest uitspoeling van grond voorkomen worden. Deze functie was permanent gedurende de gehele levensduur van de tunnel tot een niveau van ca. 14 m – NAP en tijdelijk voor het diepere gedeelte.

In eerste instantie is in het bestek uitsluitend globaal de te bereiken afmeting weergegeven. In tweede instantie wordt door de Opdrachtgever aangegeven dat uitgegaan is van een nominale dikte van 1,0 m en dat volgens de ervaring van de Opdrachtgever een druksterkte van 10 – 15 N/mm<sup>2</sup> moet kunnen worden gerealiseerd met de opmerking dat een druksterkte van 10 N/mm<sup>2</sup> ruimschoots voldoende is (Telefax TEC 15 februari 2001). In derde instantie wordt gesteld dat een minimale dikte van 0,75 m voldoet bij een veiligheidsfactor van 5 en een rekenwaarde voor de druksterkte van 3,2 N/mm<sup>2</sup>. Het ontwerp, waaruit deze waarden volgen, is niet beschikbaar. Aangenomen wordt dat deze waarden gebaseerd zijn op de diepste kerende doorsnede. (notitie TEC, Ref [5] datum ?)

Eisen ten aanzien van de stijfheid van het scherm werden niet gesteld.

Het geheel van deze informatie wordt beschouwd als het basisontwerp, dat door de Opdrachtgever is verstrekt aan de (Hoofd)aannemer.

In bestekspostnummer 820010 staat niet aangegeven dat de Aannemer tekeningen en berekeningen moet maken met betrekking tot het jetgroutscherm.

De paragraaf “alle overige hulpconstructies en hulpwerken, enz.” lijkt niet te slaan op het jetgroutscherm, daar dit scherm, althans gedeeltelijk, een permanente functie had.

In art. 01 13 02 staat onder het hoofd gedetailleerd werkplan dat in het kwaliteitsplan de kwaliteitsborging voor het aanbrengen van de jet grouting dient te worden opgenomen.

Verdere onderdelen van het bestek met betrekking tot het jetgrouten zijn ondergetekende niet bekend.

Het detail-ontwerp, waarmee aan de door de Opdrachtgever verstrekte randvoorwaarden door de Aannemer voldaan behoort te worden, is vervolgens door de Aannemer uitgewerkt.

Visser en Smit stelt niet dat het naar haar mening niet mogelijk is om te voldoen aan de door de opdrachtgever gestelde eisen.

Visser & Smit Bouw heeft in opdracht van de Hoofdaannemer het detail-ontwerp uitgewerkt en de PWI opgesteld.

De jetgroutwand werd gevormd met behulp van 4 kolommen, n.l. 3 kolommen met een diameter van 1,8 m en 1 kolom met een diameter van 1,5 m. Het toegepaste systeem was het z.g. 2-fasen systeem, waarbij een luchtmantel rondom de cement-water-jet wordt geblazen, zodat de kracht van de straal eerst op grotere afstand van de boorbuis gebroken wordt.

## 2.2. De grondgesteldheid.

De sondering 023 en de boring AB4 van het onderzoek, zoals uitgevoerd door Gemeentewerken Rotterdam, worden aangehouden als representatief voor de locatie van de jetgroutwand. Het sondeerbeeld toont een vrij zandige opbouw vanaf het maaiveld op 5,4 m + NAP tot 18,5 m - NAP met een zg. spekkookformatie tussen 3 m – NAP en 15 m – NAP, d.w.z. afwisselend zandige en



silthoudende lenzen. Op 18,5 m –NAP volgt een samenhangende laag met een dikte van ca. 1,5 m. Deze laag bestaat volgens de boring uit veen – en kleihoudend materiaal. Tenslotte werd de pleistocene zandlaag tot de verkende diepte van 40 m – NAP aangetroffen. Naar onze mening is deze grondslag geschikt voor het jetgrout – procédé.

### 2.3. Het probleem.

Chronologisch heeft zich volgens Telefax CCT d.d. 14 januari 2002 het volgende afgespeeld:  
15/03/01 – 20/03/01.

Aanbrengen jetgroutkolommen.  
05/11/01.

Ontgraving ontlastsleuf 5,5 m – NAP  
Waterstand ontlastsleuf 2,0 m – NAP.

Aanbrengen 3 trekbanden.

Ontgraving zinksleuf 14 m – NAP.

Waterstand in zinksleuf volgt getijden (2,0 m + NAP – 0,5 m – NAP).  
06/11/01.

Stijging waterstand in ontlastsleuf door uitvallen bemaling.  
07/11/01.

Herstel bemaling in de middag.

Verwijderen palen A, B, C in zinksleuf voor scherm en verwijderen restgrond tussen scherm en verwijderde palen.

Bemaling kan waterstand in ontlastsleuf niet handhaven op 2 m – NAP.

08/11/01.

Afkalven talud.

Waterstand in ontlastsleuf volgt buitenwaterstand.

Kuil ten oosten van scherm 7,5 m – NAP.

Aanbrengen klei.

10/11/01.

Uitbreiding bemalingscapaciteit.

Waterstand in ontlastsleuf blijft buitenwater volgen.

Op grond van het vermoeden dat de jetgroutwand niet grondkerend was, is vervolgens een duikeronderzoek ingesteld, eerst door de Hoofdaannemer daarna door de Onderaannemer. De duiker stelde een verticale spleet in het groutlichaam vast met een hoogte van ca. 3 m tussen 10 m – NAP en 13 m – NAP en een diepte van ca. 2,5 m vanaf de voorkant van de wand. Met behulp van een luchtlans werd luchtdoorslag door de wand vastgesteld. De richting van de spleet is zeer merkwaardig, daar deze dwars door een kolom zou leiden en niet langs een contactvlak tussen kolommen. Er bestaat twijfel omtrent de oriëntering van de spleet. Er werd niet vastgesteld dat de spleet reikte tot de achterkant van de wand.

Tussen de niveaus 4 m – NAP en 11 m – NAP werden monsters ontleend aan de wand en in het laboratorium beproefd op druksterkte. De druksterkte varieerde tussen 3,9 en 13 N/mm<sup>2</sup>. Bij het bewerken van de monsters werd opgemerkt dat in het jetgrout-materiaal kleiproppen voorkwamen.



### 3. Algemeen.

Het probleem valt in feite uiteen in 3 onderdelen:

- a. Is er sprake van een grondlek in de jetgroutwand?
- b. Hield het ontwerp in voldoende mate rekening met de specifieke eigenschappen van het product?
- c. Zijn er bij het detail ontwerp van de wand dan wel tijdens de uitvoering gebreken ingeslopen, waardoor een resultaat is ontstaan dat niet aan het ontwerp van de opdrachtgever voldoet?

Het onderdeel a komt voort uit de observatie dat het talud tot op de waterspiegel vrij steil is en dat een grondwaterstroom op zal treden naar de ontlastsleuf als gevolg van de verlaging van de waterspiegel in de ontlastsleuf. De grondslag bestaat uit zandig materiaal over dit traject en het is niet uit te sluiten dat de combinatie van een steil talud met uittredend grondwater leidt tot een labiele situatie. Bij bespreking van dit aspect tijdens de bijeenkomst op 13 december was het niet mogelijk om tot een eenduidige uitspraak in dit verband te komen. Wel werd gesteld dat elders in soortgelijke omstandigheden ook het bressen van het talud was waargenomen.

Zolang geen materiaal in de zinksleuf wordt aangetroffen, dat onomstotelijk afkomstig is van het talud van de ontlastsleuf, is er geen volledige zekerheid omtrent de oorzaak van het bressen van het talud.

Inmiddels is uit peilingen gebleken dat een verdieping in de ontlastsleuf is ontstaan achter het jetgroutscherm, zodat de zekerheid is verkregen dat het scherm inderdaad niet grondkerend is. (Telefax CCT d.d. 11 januari 2002 met bijlagen)

De ontlastsleuf werd bemalen, desondanks volgde de waterspiegel in de ontlastsleuf het tij in de zinksleuf.

Voor een verbeterd inzicht werd tijdens de bijeenkomst voorgesteld een kernboring in het verlengde van de geconstateerde spleet uit te doen voeren om na te gaan of de spleet doorliep tot de achterzijde van de jetgroutwand. Gezien de hoge kosten die aan een dergelijke boring verbonden blijken te zijn en de beperkte kans dat de uitkomsten eenduidig zijn, is inmiddels het voorstel weer ingetrokken. Het nut van een dergelijke boring is ook achterhaald nu gebleken is dat een doorgaande spleet in het scherm aanwezig is.

Het onderdeel b behoort bij de analyse van het krachterspel in de jetgroutwand. De krachtswerking zal in hoge mate afhangen van de verhouding tussen de stijfheid van het scherm en die van de casings. Bij een relatief slap scherm zullen de korreldrukken zich in hoofdzaak welven om het scherm heen en direct naar de aangrenzende casings gaan zoals dat bijvoorbeeld ook bij een Berlinerwand het geval is. De waterdrukken zullen rechtstreeks op het scherm overgebracht worden. Bij een relatief stijf scherm zullen de gronddrukken zich concentreren op de boog ten gunste van de gronddrukken op de aanliggende casings. De relevante berekeningen behoren naar onze mening thuis bij de Opdrachtgever; dergelijke berekeningen zijn door ons niet aangetroffen bij de documenten. Een globale berekening wijst uit dat de stijfheid van het scherm aanmerkelijk lager is dan die van de casings.

De door TEC ter beschikking gestelde nota "Spanningen in groutscherm" is niet duidelijk. Het lijkt er op of de berekening slaat op een horizontale ligger tussen de beide aanliggende casings met als resultaat een rekenwaarde van de optredende spanning van +/- 0,47 N/mm<sup>2</sup>. Het is zonder meer





duidelijk dat dergelijke trekspanningen niet opneembaar zijn, zeker niet op het contactvlak tussen 2 jetgroutcilinders.

In het onderhavige geval treedt bij een waterstand in de ontlastsleuf van 2 m – NAP een grondwaterstroom op vanuit het grondmassief naar de ontlastsleuf met als gevolg een negatieve beïnvloeding van de gewelfwerking in de grondslag. Tenslotte zal, uitgaande van de bestekssituatie, als bovengrens de waterdruk in combinatie met een ongereduceerde horizontale korreldruk door de jetgroutboog naar de casings moeten worden overgebracht en zal dit de basis moeten zijn geweest voor de sterkte-berekeningen van het jetgroutscherm.

De drukspanningen die door de boog in de casings worden veroorzaakt, tezamen met de drukspanningen als gevolg van het buigend moment in de casings en van de nuttige belasting op de casings, mogen niet leiden tot het overschrijden van de vloeispanningen in de casing. De controle van deze spanningstoestand is niet beschikbaar.

De jetgroutboog belast de casings, zodat tenslotte de vervorming van de wand gevolgd moet kunnen worden door de boog zonder dat dit leidt tot verbrijzeling van het jetgrout-materiaal.

Tijdens de ontgraving van de zinksleuf diende de waterstand in de ontlastsleuf verlaagd te worden tot 2 m – NAP met als gevolg een overdruk aan de zijde van de zinksleuf. In deze toestand kan het scherm geen boogwerking toegerekend worden en dienen de buigende momenten in het scherm als voor een doorlopende wand berekend te worden. Volgens de door de constructeur van CCT uitgevoerde berekeningen kan deze situatie leiden tot een buigend moment van 1320 kNm/m. Onderkend werd dat dergelijke momenten niet opneembaar waren voor het scherm en besloten werd enige trekbanden rond het scherm aan te brengen om daarmee de buigende momenten te reduceren tot acceptabele waarden. Gezien de aard van het product jetgrouten moet aangenomen worden dat dergelijke trekbanden niet in voldoende mate aan kunnen sluiten om deformaties van het scherm te vermijden bij de belasting vanuit de zinksleuf. Het gevolg van deformaties zal zijn het teloor gaan van het waterremmende karakter zo die in eerste instantie al aanwezig was. De vraag is of het door de duikers gesignaleerde beeld van de spleet een gevolg kan zijn van deze deformaties.

Het onderdeel c behoort bij de vraag of de specialist-aannemer wel in voldoende mate rekening heeft gehouden met de spreiding in de eigenschappen van het product: druksterkte, afmetingen, insluitingen, hellingstoleranties.

Met het 2-fasensysteem kunnen grotere diameters van de kolommen gerealiseerd worden dan met het 1-fase systeem, waarbij de luchtmantel afwezig is en de diameter over het algemeen beperkt blijft tot 0,6 m. De opmerking in het rapport van TU-Delft over de ervaringen bij een project met het 1-fase systeem worden in dit verband niet relevant geacht.

De kolommen zijn volgens de gegevens steeds op 1 dag gemaakt, zodat aangenomen wordt dat na een tijdelijke uitval van de luchtaanvoer de mortel niet overmatig was ingedikt. Bij de hernieuwing van het proces daarna werd de behaalde diameter niet door de onderbreking beïnvloed.

De duikers van zowel de Hoofdaannemer als van de Specialist-aannemer hebben een spleet geconstateerd met een hoogte van ca. 3 meter en een breedte op het niveau van 13 m – NAP van meer dan 40 cm. De spleet is volgens de ontvangen informatie geconstateerd voordat gebruik gemaakt werd van een spuitlans, zodat geconcludeerd kan worden dat het materiaal in de spleet al in een eerdere fase was afgevoerd.





Een analyse wordt gemaakt van de verschillende mogelijkheden, die tot het ontstaan van deze spleet geleid kunnen hebben.

Bij verbrijzeling op trek onder invloed van druk vanaf de zijde van de ontlastsleuf is een brede spleet denkbaar. De boog zou uitgevlakt zijn tot een ligger en de vervormingen moeten dan door de aansluitende casings zijn meegemaakt, dan wel moeten de casings zijn ingedeukt. Door het vlakker worden van de boog ontstaat een horizontaal gewelf in de grond zelf, spannend van casing naar casing, waardoor de druk op het jetgroutlichaam afneemt.

Met het gegeven dat een doorgaande opening in de wand over een beperkte hoogte aanwezig is, wordt geconcludeerd dat een trekscheur niet de oorzaak kan zijn van de spleet daar dan ter plaatse van de drukzone geen spleet meer aanwezig zou zijn.

Een tweede mogelijkheid zou kunnen zijn een trekscheur als gevolg van een achterwaartse beweging van het scherm onder invloed van een overdruk aan de zijde van de zinksleuf ten opzichte van de waterstand in de ontlastsleuf in combinatie met een reductie van de korrelspanningen onder de ontlastsleuf als gevolg van toestromend grondwater. De overdruk zou dan via de spleet tussen de kolommen 2 en 4 op de kolommen 1 en 3 uitgeoefend worden. Het is echter niet waarschijnlijk dat deze waterdruk tot een plaatselijke verticaal georiënteerde spleet onder het aanlegniveau van de ontlastsleuf, n.l. tussen 10 m – NAP en 13 m – NAP, zou leiden. In eerste instantie zou dan een horizontale scheur verwacht worden. In tweede instantie zou het mechanisme geweest kunnen zijn een achterwaartse beweging van de kolommen 1 en 3 als de kolommen 2 en 4 vastgehouden zouden worden door de strippen op de casings. In dat geval zou de spleet zich over de volle hoogte naar boven toe moeten uitstrekken met een toenemende breedte naar boven. Dit werd echter niet waargenomen.

De conclusie wordt getrokken dat de geconstateerde spleet niet het gevolg kan zijn van de wateroverdruk vanuit de zinksleuf.

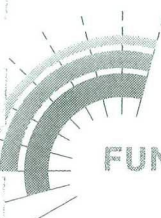
Als derde mogelijkheid van het ontstaan van de spleet wordt beschouwd de vorming daarvan tijdens het aanbrengen van de kolommen doordat plaatselijk de verwachte diameter niet bereikt wordt. Bij de beantwoording van vraag 3 wordt hierop verder ingegaan en wordt de conclusie getrokken dat dit de meest waarschijnlijke oorzaak is van de spleetvorming.

Volledigheidshalve wordt hierbij aangetekend dat het geenszins zeker is dat op grotere diepten de jetgroutkolommen wel een aaneengesloten grondkerend massief vormen.

Indien zandig materiaal aanwezig was, moet de spleet samenvallen met het grensvlak tussen 2 cilinders, daar het niet mogelijk is dat een cilinder wordt gevormd met een spleet door de cilinder heen. Het zandige materiaal wordt eerst uitgespoeld als er een wateroverdruk van de landzijde aanwezig is. Zonder waterstroom naar de zinksleuf toe zou een zandige insluiting tussen de kolommen geen problemen opleveren. Dit betekent dat op een gegeven moment de waterdruk tussen 10 m – NAP en 13 m – NAP aan de landzijde hoger geweest moet zijn dan aan de zijde van de zinksleuf.

Volgens het chronologisch overzicht was de situatie op 5/11/2001 stabiel met een waterstand in de ontlastsleuf op 2 m – NAP.

Op 6/11/2001 was de afvoer van water uit de ontlastsleuf niet mogelijk en zal de waterstand in de ontlastsleuf en het onderliggende grondpakket gestegen zijn.





Op 7/11/2001 werden de palen aan de A, B en C in de zinksleuf verwijderd met daarna het wegvallen van de ingesloten grond tussen deze palen en het scherm.

Hoogstwaarschijnlijk is het transport van de grond in de sleuf tussen de kolommen begonnen op 6/11/2001 als gevolg van de wateroverdruk en voltooid op 7/11/2001 bij het wegvallen van de ingesloten grond en een (geringe) wateroverdruk in de grondslag onder de ontlastsleuf naar de zinksleuf toe.

Het is het meest waarschijnlijk dat een spleet tussen de kolommen 2 en 4 op de geïnspecteerde diepten voorkomt, welke zich voortzet tussen de cilinders 1 en 2.

De spleet zal zijn gevormd tijdens het jetgrouten. Het is niet waarschijnlijk dat de spleet doorloopt over de volle hoogte omdat deze dan ook dichtgedrukt zou zijn onder invloed van de door het achterliggende grondpakket uitgeoefende drukken. Tot op de ontgraven diepte moeten de kolommen elkaar in ieder geval plaatselijk raken met voldoende sterkte op de contactvlakken.

#### 4. Vraagstelling.

Vraag 1.

*Is de groutschermconstructie een verantwoorde oplossing?*

- C. *Als tijdelijke constructie (max. 1 jaar) t.b.v. het vrijhouden van de afzinksleuf tot een diepte van max. 24 m – NAP.*
- D. *Als permanente constructie (duurzaamheid 100 jaar) t.b.v. het vrijhouden van de definitieve sleuf tot een diepte van ca. 14 m – NAP.*

De techniek van het jetgrouten is voor Nederland een vrij jonge techniek die tot dusver met wisselend succes werd toegepast voor over het algemeen tijdelijke constructies en dan nog zonder hoge structurele eisen. Het product is tenslotte een mengsel van cement, water en grond met een laag cementgehalte en sterk wisselende eigenschappen. De resultaten van het monsteronderzoek, zoals dat uitgevoerd is door TNO –bouw zijn typerend voor het product zoals dat in een grondslag, die opgebouwd is uit zandige en kleihoudende lagen, bereikt wordt.

Het lange duur gedrag van een belast jetgroutlichaam ten opzichte van factoren als kruip, erosie, mechanische beschadiging, zoutresistentie, uitloging, mariene organismen, vorstbestendigheid, temperatuurverschillen is niet bekend.

**Toepassing voor tijdelijk gebruik is naar onze mening mogelijk mits met de eigenschappen van het product goed rekening gehouden wordt.**

**Bijzondere aandacht zal hierbij geschonken moeten worden aan de diameter, die gerealiseerd kan worden. In het bijzonder wordt hierbij bedoeld op de mogelijkheid dat een grondwaterstroom een op zich zelf acceptabele grondinsluiting kan uitspoelen.**

**Geanalyseerd dient te worden welke druk – en trekspanningen verwacht moeten worden.**

**De contactvlakken tussen individuele kolommen zullen geen trekspanningen kunnen overdragen.**

**Proefkolommen hebben alleen zin indien die in identieke omstandigheden uitgevoerd worden en de resultaten over de volle hoogte controleerbaar zijn.**





**De onmogelijkheid om het gerede product te inspecteren alvorens het te doen functioneren is bij alle in-situ technieken het probleem, maar nog eens zo zwaar wegend bij jetgrouten.**

**Bij toepassing van het product in statische omstandigheden met een min of meer permanente verticale belasting is het naar onze mening geschikt als een permanent materiaal; bij de omstandigheden zoals bij de Caland Tunnel tot het niveau van ca. 14 m – NAP met de mogelijkheid van buigende momenten in het scherm, is het naar onze mening niet geschikt als permanente constructie.**

## **Vraag 2.**

*Heeft het bestek voldoende inzicht verschaft m.b.t. de ontwerp criteria van optredende (relatieve) vervormingen (combiwand versus groutlichaam), vereiste (relatieve) stijfheden, grondsamenstelling, eventuele vervuiling van grond en/of grondwater, etc. om de productieparameters van de groutkolommen op te kunnen baseren?*

De informatie in het bestek (Besteksnummer 429250) en de latere aanwijzingen waren summier en beperkten zich tot het globaal aangeven van de afmetingen van het jetgroutscherm en de sterkte, die het product minimaal moest bezitten na verharding en daarnaast de in de omgeving uitgevoerde sondering (no 023) en boring AB 4. Tenslotte werd ook nog gesteld dat de nabijgelegen Tubex palen paal niet ingesloten mochten worden met jetgroutmateriaal (Tek.CAL-BC-OOK-9088).

Het uitgangspunt is dat de informatie, zoals in het bestek gegeven, gebaseerd is op ontwerpberekeningen, die door de Opdrachtgever zijn gemaakt. Voor de Aannemer blijft dan over het invullen van dit ontwerp middels een detailontwerp.

De belastingtoestand, waarbij de waterdruk in de zinksleuf hoger is dan die in de ontlastsleuf, was niet vooraf bij de beschouwingen betrokken. De consequenties hiervan worden elders besproken.

Als detailontwerp wordt gezien het vaststellen van locaties van de kolommen en uitvoeringsparameters van het procédé om te komen tot een invulling van de aangegeven afmetingen. Deze uitgangspunten komen tenslotte in het werkplan terecht.

Het detailontwerp van een jetgroutstramien is een empirische kwestie, waarbij de ervaring zoals die opgedaan is bij andere werken van primair belang is en voorts de door de specialist-aannemer in te zetten apparatuur een rol speelt: 1 – fase, 2 – fasen, 3 – fasen.

Het is derhalve gebruikelijk dat de Opdrachtgever aangeeft welke afmetingen, sterkte en (eventueel) elasticiteitsmodulus geleverd moeten worden en dat de Specialist-aannemer die uitgangspunten invult op basis van het door hem voorziene systeem en op grond van zijn ervaringen.

De stijfheid van het materiaal van het jetgroutscherm, in relatie tot de vervormingen die de Combiwand ondergaat tijdens de ontgraving, is niet gespecificeerd. Het is theoretisch denkbaar dat de stijfheid van het scherm dusdanig groot is dat niet over de volle hoogte het scherm blijft aansluiten op de Combiwand. Enerzijds wordt gesteld dat een injectie na ontgraven was voorzien, anderzijds wordt gesteld dat door de duikers niet is vastgesteld dat de aansluiting tussen stalen casings en groutkolommen te wensen overliet. Breuk als gevolg van het verschil in stijfheden zou ook tot een geheel ander beeld hebben geleid.





Het installatiesysteem bevat een aantal variabelen zoals hellingstolerantie, cementgehalte van de gebruikte slurrie, diameter injectie-nozzles, injectie druk, luchtdruk en treksnelheid van de lans, welke alle een zekere (of onzekere) invloed hebben op de uiteindelijke eigenschappen van het product zoals de diameter, de druksterkte en de homogeniteit.

De aanwezigheid van klei –en/of veenlenzen beperkt de bereikte diameter ten opzichte van de diameter zoals die in een zandig pakket gerealiseerd kan worden en kan bovendien leiden tot de insluiting van brokken klei of veen.

De beschikbare sondering 023 was in de omgeving uitgevoerd. Het beeld van de grondslag dat met deze sondering verkregen werd, geeft aan dat het jetgroutprocedé mogelijk is. Het is niet uit te sluiten dat de grondslag ter plaatse van het groutscherm afweek in de vorm van een grotere dichtheid van het zandpakket, zowel tengevolge van het heien van de palen ten behoeve van het windscherm als tengevolge van het intrillen van de aangrenzende combiwand. Beide activiteiten kunnen geleid hebben tot een plaatselijke verdichting, die het verlopen van de groutlans tijdens het inbrengen in de hand heeft gewerkt, terwijl ook de mogelijkheid bestaat dat de kolom niet symmetrisch rondom de lans werd gevormd maar met een kleinere diameter naar het verdichte gebied toe.

Voor het uitwerken van een detailontwerp zal enerzijds de opbouw van de lagen bekend moeten zijn, d.w.z. de differentiatie naar zandige en samenhangende lagen en anderzijds bij aanwezigheid van samenhangende lagen de ongedraineerde schuifsterkte daarvan. Voor het onderhavige project was de schuifsterkte van de diepe kleilaag minder belangrijk omdat bij een onvoldoende grote diameter van de jetgrout-kolom in deze laag de stijve kleilaag zelf als drukboog zou kunnen fungeren. Het was derhalve acceptabel het detail-ontwerp te baseren op de zandige lagen.

**Het bestek heeft geen informatie verschaft met betrekking tot de door de Opdrachtgever gehanteerde criteria van optredende (relatieve) vervormingen, vereiste (relatieve) stijfheden en te verwachten spanningen.**

**In het algemeen zal de Specialist-aannemer aan de hand van de door de Opdrachtgever beschikbaar gestelde gegevens in de vorm van gewenste afmetingen, een sondering en een boring in staat zijn een detail-ontwerp te maken op grond van zijn ervaring bij uitgevoerde werken elders.**

**In het onderhavige geval, waarbij de mogelijkheid bestaat dat het product qua locatie en afmeting beïnvloed is geworden als gevolg van lokale verdichting, was een sondering op de exacte locatie ter vergelijking met sondering 023 zeer nuttig geweest.**

Vraag 3.

*Zijn door CCT en Visser & Smit Bouw (uitvoerende onderaannemer van de Combinatie Calandtunnel) de juiste uitvoeringsparameters gekozen m.b.t. diameter/lokatie/aantal groutkolommen, mate van overlappen, voorkomen holle ruimten, groutsnelheden, groutmengsel, locatie van na-injectie-punten, etc. op basis van de beschikbare informatie?*

De randvoorwaarden voor wat betreft de horizontale afmetingen waren tenslotte besteksmatig nauwkeurig vastgelegd. Rekening houdend met de mogelijkheden van het procédé in combinatie





met de aanwezigheid van bovengrondse objecten kan gesteld worden dat het niet eenvoudig was een adequate lay-out te bepalen.

Pompdebieten, groutmengsel, draaisnelheid, grout – en luchtdrukken zijn over het algemeen standaard bij de verschillende Specialist – aannemers. De treksnelheid is meestal de parameter die aangepast wordt ten behoeve van het bereiken van een bepaalde diameter in een gegeven grondslag. Gesteld wordt dat de treksnelheid ongetwijfeld invloed zal hebben op de diameter van de kolommen, maar dat de bandbreedte van die invloed dermate groot is dat de treksnelheid als besturingsmechanisme slechts een globale waarde toegekend kan worden.

Volgens de PWI, uitgave B, dd. 07/03/01 was het detail-ontwerp gebaseerd op de in de tabel aangegeven trek – en draaisnelheden, uitgaande van de bij deze PWI voorziene diameter van de kolommen van 1,5 m.

In tweede instantie is de diameter van de 2 cilinders, die aansluiten aan de casings, vergroot tot 1,8 m en in derde instantie is ook voor een derde cilinder de diameter vergroot tot 1,8 m. Voor de grotere diameters is de trektijd aangepast.

De verdeling is ook aangegeven op de bijgevoegde sondering 023. Bij meer zandige lagen wordt een grotere treksnelheid aangehouden. De treksnelheid bij de kolommen 2 en 4 is nog iets gereduceerd, terwijl de draaisnelheid kleiner is.

Een vergelijking met eerder uitgevoerde werken heeft alleen zin indien bij die werken ook kolommen werden vrijgegraven. Dit is het geval geweest bij een geschiktheidsonderzoek voor een project in Den Haag. De lagenopbouw op die locatie komt redelijk overeen met de onderhavige in de zin dat zowel zandige als siltige lagen doorsneden werden. De diameter van de gemeten kolommen varieerde daarbij tussen 2,1 m en 2,4 m. De hierbij aangehouden treksnelheid was 17 cm per minuut. Een invloed van de draaisnelheid was niet te onderkennen.

Tabel 1, Trektijden volgens PWI, uitgave B dd. 07/03/01 bij kolomdiameter van 1,5 m.

Diepte in meters t.o.v. NAP	Treksnelheid in cm/minuut voor Kolommen 1 en 3	Treksnelheid in cm/minuut voor Kolommen 2 en 4.
26,5 – 20,5	25	20
20,5 – 16,0	17	15
16,0 – 11,0	30	22
11,0 – 9,25	25	20
9,25 – 3,75	17	15
3,75 – 0,25	30	22
0,25 - + 2,5	17	15
+ 2,5 - + 3,0	35	25
Draaisnelheid	5 omw/minuut	4 omw/minuut.
Pompdebiet 290 liter/minuut - Pompdruk 450 bar.		



Tabel 2. Aangehouden trektijden voor de beide diameters.

Diepte in meters t.o.v. NAP	Treksnelheid in cm/minuut voor Kolommen 1, 2 en 4. (gewenste diameter 1,8 m)	Treksnelheid in cm/minuut voor Kolom 3. (gewenste diameter 1,5 m)
26,5 – 20,5	20	25
20,5 – 16,0	15	17
16,0 – 11,0	22	30
11,0 – 9,25	20	25
9,25 – 3,75	15	17
3,75 – 0,25	22	30
0,25 - + 2,5	15	17
+ 2,5 - + 3,0	25	35
Draaisnelheid	5 omw/minuut	4 omw/minuut.
Pompdebiet 290 liter/minuut - Pompdruk 450 bar.		

De aangehouden treksnelheden voor de kolommen 2 en 4 met een gewenste diameter van 1,8 m was gelijk aan de in de PWI aangegeven treksnelheden voor deze kolommen met een gewenste diameter van 1,5 m.

Aan de hand van de proefresultaten van het genoemde werk in Den Haag wordt geconcludeerd dat de diameter bij de Calandtunnel kleiner zal zijn dan 2,1 à 2,3 m en waarschijnlijk niet kleiner dan 1,5 m.

De treksnelheid in de zandige trajecten was aanmerkelijk groter dan 17 cm/minuut met als gevolg de mogelijkheid dat tussen 16 m - NAP en 11 m – NAP de diameter van 1,8 m voor de kolommen 1, 2 en 4 niet over de volle hoogte gehaald werd.

Het gekozen patroon toont dat zonder enig verloop van de lansen en bij een locatie van de casings op de theoretische plaats tussen de cilinders 2 en 4 geen overlap van betekenis aanwezig was, tussen de kolommen 1 en 2 ca. 45 cm, tussen 1 en 3 ca. 40 cm en tussen 3 en 4 ca. 55 cm.

Uit de inmeting van de casings (T – OCT – 0370, dd 10 – 12 – 2001) blijkt dat de aangrenzende casing 109 ca. 18 cm afwijkt van de ontwerptekening en casing 110 ca. 4,5 cm. De afstand tussen de beide casings is ca. 20 cm groter dan de theoretische maat. Volgens ontvangen informatie zijn de jetgrout-locaties uitgezet vanuit de aangrenzende casings, zodat de afstand tussen de locaties van 2 en 4 20 cm groter is geworden en een spleet is ontstaan tussen de cilinders 2 en 4.

Zoals boven gesteld moet met een zekere helling van de lansen gerekend worden. Volgens elders uitgevoerde hellingsmetingen blijkt de afwijking over het algemeen 1: 100 à 1 : 200, met een dominerende helling van 1 : 200. In het onderhavige geval speelt de plaatselijke verdichting als gevolg van het inbrengen van palen en casings een rol, terwijl bovendien de toegankelijkheid van de locaties van de lansen aan weerszijden van het bestaande windscherm niet eenvoudig was. Naar onze mening is het aannemen van een helling van de lansen onder 1 : 100 het beste uitgangspunt bij de beschouwingen, d.w.z. een verloop van 1 cm per meter. Bij een afwijking van de locatie van +/- 5 cm van de jetgroutpunten in combinatie met de helling van 1 : 100 zou de afwijking aan de bovenkant van de spleet (10 m – NAP) geworden zijn  $2 \times 5 + 2 \times 13 = 36$  cm. Bij een diameter van de kolommen van 1,75 m zouden de kolommen 1 en 2 elkaar juist nog raken op de verbindingslijn van de middelpunten. Aan de uiteinde van de koorde van het overlappende gedeelte zou op dit





niveau een spleet voorkomen van 36 cm en aan de onderzijde van het ontgraven deel (13m –NAP) 42 cm.

Zonder afwijkingen van de theoretische locaties en ook bij het bereiken van de gewenste diameters is tussen de tussen de kolommen 2 en 4 een spleet met een breedte van enige cm's verklaarbaar.

De boogwerking van het scherm, die nodig is voor de overdracht van de belastingen naar de aanliggende casings, vindt uitsluitend plaats via de kolommen 2 – 1 – 3 – 4.

De geproduceerde cijfers dienen als een rekenvoorbeeld. Voor de werkelijke situatie zou bekend moeten zijn hoeveel en in welke richting de lansen zijn afgeweken en welke de feitelijke diameter is van de kolommen. Met behulp van een inclinometer en een spinmeting, al was het dan maar over de bovenste meters met een permanente functie, zou nuttige informatie verkregen zijn.

Voor wat betreft de locatie van na-injectielansen wordt het volgende opgemerkt. Indien de stijfheid van het jetgroutlichaam bekend is ten opzichte van de stijfheid van de casings kan vastgesteld worden of het jetgroutlichaam de casings bij hun vervorming volgen. De strippen op de casings en de geringe afstand tussen de lansen en de aangrenzende casings maakten het onwaarschijnlijk dat tussen de kolommen en de casings lekkage zou ontstaan. Lekkage door de wand zou het meest waarschijnlijk zijn langs de aansluitingen tussen de kolommen onderling. Op grond van deze overweging zou het aan te bevelen zijn geweest een lans aan te brengen tussen kolommen 1 en 2, 1 en 3, enz. De injectie zou met een snelverhardend materiaal moeten gebeuren, bijvoorbeeld TACCS.

Volgens ontvangen informatie zijn wel hellingsmetingen uitgevoerd, echter zijn de resultaten niet beschikbaar. Het is niet bekend wat deze hellingen waren en of er nog enige correctie op grond van de resultaten van deze metingen nodig was, resp. is uitgevoerd.

**Bij afwezigheid van controles op de diameter zou naar onze mening een conservatiever detailontwerp in de vorm van een lagere treksnelheid dan wel op basis van kleinere diameters aan te bevelen zijn geweest.**

Vraag 4.

*Kan paal E een nadelige invloed hebben gehad op de vorm van het te maken groutscherm?*

Het kolommenstramien is zodanig opgezet door de aannemer dat paal E opgenomen kon worden in het jetgroutlichaam zonder dat zg. schaduwwerking tijdens het jetgrouten de aansluiting tussen de diverse kolommen zou beïnvloeden. Indien de paal geplaatst zou zijn volgens tekening zou naar onze mening de aanwezigheid van paal E geen nadelige invloed gehad hebben op de vorm van het te maken groutscherm.

Het is niet duidelijk welke palen zichtbaar zijn op de schets, zoals geproduceerd door de duikers. De waarnemingen wijken onderling sterk af: De duiker GB geeft geen verschil in positie aan van de palen D en E, zij het dat de afstand tot de aangrenzende casings niet is gegeven. De duiker van CCT geeft posities aan van een tweetal palen, waarschijnlijk D en E, die afwijken van de locatie op tekening. Dit beeld is niet duidelijk daar het zou betekenen dat de prefab palen naast de funderingssloof van het windscherm zijn geplaatst, tenzij die sloof breder is dan op tekening. Zou





de schets wel ten naaste bij juist zijn, dan zal in eerste instantie lans 4 in zuidelijke richting zijn weggelopen. In tweede instantie heeft paal E voor een aanzienlijk schaduweffect gezorgd bij het formeren van kolom 4. De waarneming van de duiker van CCT correspondeert hiermee, daar hij een spleet heeft waargenomen, beginnend aan de zijde van de zinksleuf tot voorbij de paal E. Bij de analyse onder vraag 3 is ook bij een locatie van paal E, die ten naaste bij gelijk is aan de theoretische locatie, de mogelijkheid van de spleetvorming aangegeven.

**Volgens ontvangen informatie (CCT 28 – 1 –2002) is de paal E ingemeten vòòr het jetgrouten en geconstateerd werd dat deze paal nagenoeg op de theoretische plaats stond, zodat geconcludeerd kan worden dat deze paal geen invloed heeft gehad op het resultaat.**

Vraag 5.

*Was het inkapselen van de Tubex palen en/of de te verwijderen paal D te voorkomen, zoals aangegeven op de bestekstekeningen?*

Het gekozen 2-fasen systeem met de luchtmantel om de cement-jet leidt tot grotere diameters dan het 1-fase systeem. Het is o.i. niet mogelijk het proces zodanig fijn te sturen dat een diameter met een nauwkeurig bekende afmeting geïnstalleerd wordt. Daar komt nog bij dat de keuze-vrijheid van de locaties van de lansen beperkt was door de aanwezigheid van de bovengrondse objecten.

**Naar onze mening was het niet mogelijk om het proces van het jetgrouten zodanig te sturen dat over de volle hoogte vermeden werd dat de Tubex palen en paal D ingekapseld werden.**

Vraag 6.

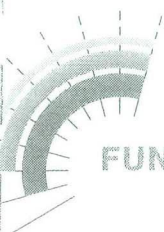
*Vragen m.b.t. de PWI.*

- A. *Zijn de bestekseisen/randvoorwaarden goed verwerkt in de projectwerkinstructie (PWI)?*
- B. *Zijn de uitvoeringsrisico's (lekkage/ inkapselen Tubex palen, etc.) goed afgedekt door beheersmaatregelen.*
- C. *Is er gewerkt conform PWI?*

- A. De bestekseisen waren zeer beperkt (Bestekspostnummer 429250, tek. 908 en 909). In het memo van TEC 801.07.36V/PB/DZ/No12837 d.d. 19 december 2001 (?) wordt aangegeven dat door de ontwerper is uitgegaan van een nominale dikte van 1,0 m en dat bij een dergelijke dikte een druksterkte van 3 tot 5 N/mm<sup>2</sup> ruim voldoende is voor de opname van de belastingen. Voorts wordt in dit memo gesteld dat bij volledige ontgraving de maximale vervorming 10 – 13 cm bedraagt, dat het groutscherm de verplaatsing van de combiwand dient te kunnen volgen en dat vermeden dient te worden dat de nieuwe tubexpalen in het scherm worden opgenomen om te voorkomen dat het scherm te stijf wordt. Een eis omtrent de te behalen elasticiteitsmodulus van het scherm wordt niet toegevoegd.

Als aanvulling is in een latere fase de minimum afmeting en de minimum druksterkte toegevoegd., resp. 0,75 m en 3 N/mm<sup>2</sup>.

Voor de PWI wordt door ons uitgegaan van het doc. nummer CCT-FW-D075, status B dd. 07/03/01. Dit document bevat het KAM-PLAN van Visser en Smit Bouw, afdeling Grond – en Funderingstechnieken rev. 1, dd. 05/03/01. Het KAM-PLAN verwijst naar de relevante besteksdocumenten.





Een detail ontwerp werd gemaakt, gebaseerd op 4 kolommen met een diameter van 1500 mm tussen 26,5 m – NAP en 3,0 m +NAP. Tenslotte wordt gesteld dat de jetgroutconstructie voldoende sterkte moeten bereiken om op de juiste wijze te kunnen functioneren.

In een latere fase is het patroon nog aangepast tot 3 kolommen met een diameter van 1800 mm en 1 kolom met een diameter van 1500 mm.

**Geconcludeerd wordt dat met deze globale omschrijving in de PWI de eveneens globale besteksvoorwaarden zo goed mogelijk verwerkt zijn in de PWI.**

Besteksmatig is de goedkeuring van de definitieve vorm van de PWI belangrijk. Gezien het zeer specialistische karakter van het jetgrouten is het niet gebruikelijk dat een Directie zich uitspreekt over onderdelen als diameter, drukken, treksnelheden, enz. Het zal tot de verplichting van de Specialist-aannemer behoren om tenslotte een scherm af te leveren dat voldoet aan de gestelde eisen voor wat betreft afmetingen en sterkten.

In de Telefax 801.07.32V/Pb/ML/F010574 d.d. 15 maart 2001 stelt TEC enige vragen en maakt enige opmerkingen met betrekking tot de PWI jetgrouten. De reactie van de zijde van de Specialist – aannemer zijn ons niet bekend. Volgens de mededelingen is de verticaliteit van de kolommen wel gecontroleerd. Het plan voorzag niet in een oversnijding van de kolommen 2 en 4 van minimaal 1 meter.

- B. In dit verband wordt allereerst gesteld dat de uitvoering van de werkzaamheden bemoeilijkt werden door de bovengrondse omstandigheden, waardoor de vrijheid in keuze van de lay-out van de kolommen beperkt was.

Het jetgroutsysteem is een in – situ systeem, waarbij op grond van ervaring de uitvoeringsparameters zodanig gekozen worden, dat verwacht wordt dat het product zal voldoen aan de diverse randvoorwaarden, zoals grondremmendheid, afmetingen, druksterkte. De bandbreedte van de verschillende eigenschappen zoals afmetingen en druksterkte, die tenslotte gerealiseerd worden, is vrij groot en behoort bij de beschouwingen ten behoeve van het detail-ontwerp betrokken te worden. Tijdens de uitvoering is bijsturing nauwelijks mogelijk, tenzij bij de eerste kolom een (partiele) spinmeting wordt uitgevoerd.

Controle van het gereede product is eerst na ontgraving mogelijk. Dit aspect, onbevredigend als het is, is inherent aan alle in-de-grond-gevormde systemen.

Geconcludeerd wordt dat met betrekking tot de grondkerendheid de marge met betrekking tot de behaalde diameters aan de krappe kant is geweest, zodat de kans bestond dat de kolommen niet in voldoende mate elkaar raakten c.q. overlaptten. Hieraan wordt toegevoegd dat een beperkte spleet in de wand minder belangrijk is zolang er geen grondwaterstroom naar de zinksleuf mogelijk is. Voorts mocht verwacht worden met de voorziene afmetingen van het jetgroutlichaam dat Tubex palen slechts incidenteel ingekapseld zouden worden.

- C. Een uitgangspunt van de PWI was dat vooraf nauwkeurig de verschillende onderdelen in kaart moesten worden gebracht. Bij het bestuderen van vraag 3 is gebleken dat dit waarschijnlijk niet het geval is geweest, daar volgens tek.T-OCT-0370 de inmeting van de casings en de palen D en E eerst in november 2001 heeft plaatsgevonden. In afwijking van de beschikbare PWI is de diameter van de kolommen 1,2 en 4 vergroot tot 1800 mm en de diameter van kolom 3 gehandhaafd op 1500 mm. De treksnelheid van kolom 3 is ongewijzigd gebleven, die van de kolommen 1,2 en 4 is gelijk gehouden aan de treksnelheid van de kolommen 2 en 4, die in eerste instantie, hoewel ook met een diameter





van 1500 mm, toch gedacht waren met een treksnelheid kleiner dan bij 1 en 3 (tabellen 1 en 2). Parameters zoals cementgehalte, pompdruk, snijdebiet, luchtdruk en nozzle-diameters, zoals gebruikt, corresponderen met de parameters zoals in de PWI gegeven.

#### Vraag 7.

*Wat zijn volgens U de belangrijkste oorzaken voor de lekkage van het groutscherm?*

De bezwaren onzerzijds tegen het feit dat de grondkering over een hoogte van ca. 16 m permanent zou zijn, zijn qua tijdsbestek nog niet aan de orde.

De beschikbare informatie was summier.

Het ontwerp voorzag niet in adequate mate in de belastingtoestand, waarbij de druk vanuit de ontlastsleuf hoger was dan de tegendruk vanuit de zinksleuf.

De achteraf getroffen maatregelen waren niet voldoende om enige achterwaartse verplaatsingen van het scherm te vermijden met als gevolg achteruitgang van mate waarin het scherm waterremmend was.

De uitvoeringsomstandigheden waren zeer moeilijk.

De waargenomen spleetvorming duidt er niet op dat deze mogelijke verplaatsing de oorzaak is van de grondlekkage van het scherm.

De plaatselijke verdichting van het zandpakket kan geleid hebben tot een niet-voorziene grotere afwijking van de lansen alsmede van de vorm van de jetgroutkolommen.

De plaatsafwijking van de casings heeft een nadelige invloed gehad op de integriteit van de wand. De dikte van het scherm als water – en grondkerend element is hierdoor verminderd. De boogwerking in horizontale zin bij belasting van het scherm op druk zou hierbij nog in tact gebleven zijn.

Het uitvallen van de bemaling in de ontlastsleuf en als gevolg daarvan een wateroverdruk in het grondmassief onder de ontlastsleuf zal bijgedragen hebben tot het uitspoelen van tussen de kolommen ingesloten grond. De wijze van bemaling van de ontlastsleuf, waarbij het onduidelijk is welke stijghoogte verlaging in het grondmassief onder de ontlastsleuf aanwezig was, kan ook nog een rol gespeeld hebben.

Het detail-ontwerp van het scherm houdt in onvoldoende mate rekening met de gebruikelijke variaties ten aanzien van de eigenschappen van het gereede product.

De geconstateerde afwijkingen wijzen niet op een invloed van verontreinigde grond. Indien verontreinigde grond het verharderen van het mengsel beïnvloed zou hebben, was een gehele kolom plaatselijk beïnvloed en weggespoeld. Het is niet te verwachten dat de diameter beïnvloed zou zijn geworden daar de diameter van de kolom gevormd wordt door de vloeibare specie.

Jetgrouten vindt meestal plaats in de vorm van een serie kolommen, waarbij de cement-water – straal kaatst tegen een reeds vervaardigde kolom. Enig effect van deze situatie is nog nooit opgemerkt en zal ook in het onderhavige geval o.i. geen invloed hebben gehad op de diameter van de kolommen. De bereikte diameter hangt af van de kracht van de jetstraal en de mogelijkheid om met deze aanwezige kracht de omliggende grond los te snijden en te





vermengen met het cementwater. Met de luchtommanteling (2-fasen systeem) wordt de kracht van de straal minder snel gebroken dan het geval is indien de straal vanuit de spuitmond direct in een vloeistof terecht komt (1-fase systeem). Bij gronden met een cohesie zal voor het lossnijden een krachtiger straal nodig zijn, bij dezelfde kracht resulterend in een kleinere diameter dan het geval is in zandige lagen.

Samenvattend wordt als belangrijkste oorzaak van de geconstateerde ontgronding gezien de combinatie van een onvoldoende grote diameter van een of meerdere groutkolommen, de onverwacht grotere afstand tussen de casings en de uitspoeling als gevolg van een onvoorziene wateroverdruk aan de zijde van de ontlastsleuf.

**Vraag 8.**

*Wat is de mening van IFCO ten aanzien van trek in het groutlichaam.*

Naar de mening van IFCO zijn trekspanningen in een jetgroutlichaam niet toelaatbaar, enerzijds in verband met het heterogene karakter van het product, anderzijds door de “stortvoegen” tussen de verschillende kolommen.

**Vraag 9.**

*Wat is de visie van IFCO ten aanzien van oorzaak en gevolg van de gebeurtenissen (volgorde).*


Naar de mening van IFCO was allereerst de uitvoering van het jetgroutwerk uitermate moeilijk als gevolg van de beperkte mogelijkheden op het werkniveau.

De specialist-aannemer heeft de bereikbare diameters in de verschillende grondlagen overschat.

Als gevolg van de wijze van uitzetten van de jetgroutlocaties is een deel van de grondkering, n.l. tussen de kolommen 2 en 4 verloren gegaan.

Door beide bovengenoemde oorzaken zijn grondinsluitingen ontstaan, die op zich zelf niet tot problemen geleid zouden hebben als het jetgroutmassief niet onderworpen zou zijn geworden aan een grondwaterstroom van de landzijde naar de zinksleuf.

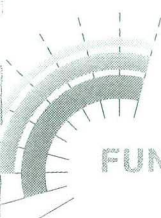
Naar beste weten opgemaakt,



Ir. K. F. Brons,  
IFCO Funderingsexpertise BV

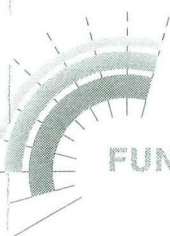
## 5. Bijlagen

- I     Sondering 023 met treksnelheden.
- II    Jetgroutkolommen met prefab palen.





Bijlage I.  
Sondering 023 met treksnelheden.







---

**Bijlage II. Lay – Out Jetgroutkolommen met prefab palen**

