

Deelprojectplan Onderlinge beïnvloeding tunnelbuizen (F502)

Praktijkonderzoek Pannerdensch Kanaal (COB)

COB

Holland Railconsult/TNO Bouw
ing. E.A. Kwast/dr. ir. G.P.C. van Oosterhout
Kenmerk GMV-FU-020026551 - Versie 2.0

Utrecht, 6 mei 2002
vrijgegeven

Inhoudsopgave

Inleiding	2
1 Afweging onderzoeksdoelen, doelstelling, eindresultaat en relaties andere onderzoeken	3
1.1 Onderlinge beïnvloeding tunnelbuizen	3
1.2 Boren door kleilagen	3
1.3 Boren door zandaanvulling	4
1.4 Keuze onderzoeksdoelen	4
1.5 Resultaat	5
1.6 Relaties andere onderzoeken	5
2 Activiteiten	6
2.1 Opstellen deelprojectplan	6
2.2 Literatuurstudie	6
2.3 Predicties	6
2.4 Metingen	6
2.5 Evaluaties	8
2.6 Eindrapportage F502	8
3 Projectbegroting	9
4 Planning	10
5 Samenstelling commissie F502	11
6 Literatuurlijst	12
Bijlage I	Locaties meetraaien en meetinstrumenten in de ondergrond
Bijlage II	planning F502
Bijlage III	DC onderzoek Onderlinge beïnvloeding van tunnelbuizen (conceptversie 2 april 2002)

Inleiding

Tunnel Pannerdensch Kanaal is een geboorde tunnel onder het Pannerdensch Kanaal en maakt onderdeel uit van de Betuweroute. Hieronder worden enkele kenmerkende gegevens van de tunnel vermeld:

- totale lengte 1.620 m;
- inwendige diameter: 8,65 m (wanddikte 0,42 m);
- tunnelboormachine type slurryschild;
- passage van het Pannerdensch Kanaal met sterk wisselende waterstand;
- ondergrond bestaat voornamelijk uit zand. Op enkele locaties bevinden zich overgeconsolideerde organische kleilagen;
- in het geplande tracé bevindt zich een 20 m diepe zandwinput, de Kandiaput. Voor de aanleg van de tunnel wordt deze put opnieuw gevuld met zand;
- uitvoeringsplanning: boren 1^e buis: oktober 2001 – juni 2002;
 boren 2^e buis: september 2002 – februari 2003.

Het praktijkonderzoek Tunnel Pannerdensch Kanaal (F500) bestaat uit de volgende onderdelen:

- gedrag bouwput bij ontgraven (F501);
- onderlinge beïnvloeding tunnelbuizen (F502);
- boren door kleilagen (F502);
- boren door zandaanvulling (F502).

Het onderhavige deelprojectplan F502 betreft een nadere invulling van de onderzoeksdoelen samenhangende met het boren van de Tunnel Pannerdensch Kanaal. Binnen de onderzoekscommissie F502 is in eerste instantie bekeken of de onderzoeksdoelen in relatie tot het beschikbare budget redelijkerwijs gehaald kunnen worden. De volgende onderzoeksvragen samenhangende met het boren zijn in het basisprojectplan F500 [1] geformuleerd:

- wat is de optimale onderlinge afstand tussen twee tunnelbuizen?
- wat zijn de effecten bij het aanbrengen van en boren door een kunstmatig aangebracht zandlichaam?
- wat zijn de effecten bij het boren door een overgeconsolideerde organische kleilaag?

1 Afweging onderzoeksdoelen, doelstelling, eindresultaat en relaties andere onderzoeken

1.1 Onderlinge beïnvloeding tunnelbuizen

Meestal bestaat een tunnel uit 2 buizen, voor elke richting van het verkeer een buis. De twee buizen starten en eindigen meestal in dezelfde schacht. Om de breedte van de schacht en daarmee de kosten te minimaliseren, is het wenselijk de beide buizen zo dicht mogelijk naast elkaar te boren. Als gevolg van het boren van de tweede buis zullen extra spanningen en vervormingen ontstaan in de eerste buis. Om de mate van dit effect voldoende klein te houden, wordt toch een zekere ruimte tussen de buizen aangehouden. Als praktische maat geldt één maal de tunneldiameter D . Soms wordt deze maat teruggebracht tot $1/2D$.

Om mogelijk de tussenafstand verder te reduceren is meer inzicht nodig in het effect van deze afstand op het gedrag van de tunnel. Hierbij spelen de prestaties van de tunnelboormachine een belangrijke rol. Er is, zover bekend, nog maar weinig onderzoek gedaan naar dit fenomeen.

Aan dit onderzoeksdoel wordt hoge prioriteit gegeven, gezien het feit dat de vraagstelling over de minimale aan te houden tussenafstand tussen de twee tunnelbuizen in vele tunnelprojecten naar voren komt en binnen Nederland en mogelijk ook internationaal tot op heden niet voldoende aandacht heeft gekregen. Bij Tunnel Pannerdensch Kanaal zijn de tunnelbuizen aan het begin en einde op minder dan $1/2D$ van elkaar gelegen. Dit project vormt voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag een ideale situatie. Voorwaarde voor het succesvol kunnen beantwoorden van de onderzoeksvraag is het uitgebreid meten ter plaatse van verschillende tussenafstanden. Het uitvoeren van predicties, metingen in en buiten de tunnelbuizen op verschillende tussenafstanden, het uitvoeren van een evaluatie en rapportage van de resultaten wordt niet haalbaar geacht binnen het beschikbare budget van €100.000 voor dit onderzoek.

1.2 Boren door kleilagen

De ondergrond ter plaatse bestaat voornamelijk uit zand. Op enkele plaatsen zijn overgeconsolideerde organische kleilagen aangetroffen. Het gedrag van deze lagen heeft grote invloed op het gedrag van de tunnelwand en daardoor op de benodigde wanddikte van de tunnelsegmenten. Ter plaatse van de kleilagen is nu gekozen voor sterkere en stijvere segmenten (extra wapening) dan voor het resterende boorgedeelte. Het is wenselijk meer inzicht te krijgen in het gedrag van de kleilaag, met name de vervormingen van deze lagen bij tunnelpassage en als gevolg van lange-termijneffecten.

Het boren door een overgeconsolideerde kleilaag zal naar verwachting in Nederland niet regelmatig gaan plaatsvinden. Het overgrote deel van de boortunnels in Nederland zijn of zullen gelegen zijn in het pleistocene zand. Mogelijk dat het begin en einde van de boortunnels in holocene grondlagen komen te liggen zonder toepassing van

grondverbeteringstechnieken. Echter, deze holocene grondlagen zijn over het algemeen niet overgeconsolideerd. Het gedrag van deze holocene grondlagen zal niet vergelijkbaar zijn met de bij de Tunnel Pannerdensch Kanaal aangetroffen overgeconsolideerde organische kleilagen. Gezien bovenstaande wordt aan dit onderzoek een lage prioriteit gegeven. Daarnaast zou voor het beantwoorden van deze onderzoeksvraag aanvullend grondonderzoek (boringen en laboratoriumonderzoek) en diverse aanvullende metingen moeten worden verricht, waardoor een onevenredig groot deel van het totale budget naar dit onderzoek zou verschuiven. Het beschikbare budget voor dit onderdeel is €22.500.

1.3 Boren door zandaanvulling

De tunnel wordt door de zandaanvulling geboord, die in de 20 m diepe zandwinput Kandia wordt aangelegd. Deze zogenaamde Kandiadam bestaat uit zand, dat direct na aanbrengen losgepakt is. Ten behoeve van het boorproces en ter ondersteuning van de tunnelwand, wordt het zand direct rondom de geplande tunnel verdicht. Door het uitvoeren van veldmetingen wordt beoogd meer inzicht te krijgen in het gedrag van de zandlaag, met name het dynamisch gedrag van het zandlichaam onder invloed van verdichten, boren en treinpassages.

Het boren door een zandaanvulling zal naar verwachting in Nederland niet regelmatig gaan plaatsvinden en is in ieder geval tot op heden uniek voor het boren in Nederland. Op voorhand wordt het meten van de dynamische effecten ten gevolge van het boren en treinpassages niet direct haalbaar geacht, mede gezien de geplande verdichting van het los gepakte zandpakket. Voor het beantwoorden van deze onderzoeksvraag zou in eerste instantie een vooronderzoek moeten plaatsvinden, waarin nader aangetoond zou moeten worden of dynamische effecten in deze situatie meetbaar zijn. Gezien de unieke situatie van boren door een zandvulling en de onzekerheid van het meetbaar zijn van de dynamische effecten in deze situatie, wordt aan dit onderzoek een lage prioriteit gegeven. Het beschikbare budget voor dit onderzoek bedraagt €54.500.

1.4 Keuze onderzoeksdoelen

Gezien de hoge prioriteit van het onderzoek onderlinge beïnvloeding tunnelbuizen en het relatief beperkte beschikbare budget wordt voorgesteld om het totale budget €177.000 van F502 volledig aan dit onderzoek te besteden, waardoor het succesvol beantwoorden van de onderzoeksvraag haalbaar wordt. Het onderzoek naar de effecten bij het aanbrengen van en boren door een kunstmatig aangebracht zandlichaam en naar het boren door een overgeconsolideerde organische kleilaag komen te vervallen.

De doelstelling voor de onderzoekscommissie F502 is:

Het bepalen van de invloed tussen twee tunnelbuizen bij een kleine tussenafstand (circa 1/2D), gelegen in een homogeen zandpakket.

1.5 Resultaat

Eindrapportage deelproject onderlinge beïnvloeding tunnelbuizen, met weergave van de belangrijkste meetresultaten, predicties en evaluaties.

1.6 Relaties andere onderzoeken

De resultaten van de metingen van onderlinge beïnvloeding van twee tunnelbuizen uit andere praktijkonderzoeken aan boortunnels zullen worden meegenomen. Naar verwachting zullen concrete resultaten beperkt zijn.

In Delft Cluster zal een deel van het onderzoek van onderlinge beïnvloeding tunnelbuizen worden ondergebracht.

2 Activiteiten

2.1 Opstellen deelprojectplan

Binnen de commissie F502 wordt het deelprojectplan opgesteld. Na goedkeuring van het deelprojectplan kunnen de volgende activiteiten starten.

2.2 Literatuurstudie

Door het uitvoeren van een beperkte literatuurstudie wordt inzicht verkregen in de state-of-the-art kennis ten aanzien van onderlinge beïnvloeding van tunnelbuizen. Uit de resultaten van de internationale literatuurstudie zou moeten blijken wat de minimale afstand tussen twee tunnelbuizen is op basis van gerealiseerde projecten, rekeninghoudende met de grondgesteldheid. Indien metingen zijn verricht zou globaal moeten blijken welke spanningsveranderingen in de ondergrond en op de tunnelling optreden en welke tunnelvormingen zijn opgetreden. De resultaten van de literatuurstudie zullen worden meegenomen bij de predicties en evaluaties. In de rapportage van de literatuurstudie zullen de resultaten worden weergegeven, waarbij tevens de resultaten van het Praktijkonderzoek Boortunnels in Nederland naar voren komen.

2.3 Predicties

Het vooraf doen van een voorspelling van de uitkomst verhoogd de waarde van de metingen, zoals aangetoond bij eerder praktijkonderzoek. Door achteraf (evaluatie) het voorspeld gedrag te toetsen aan het waargenomen gedrag wordt inzicht verkregen in de beperkingen van de ontwerpmodellen. Voorafgaand aan de 2^e passage van de TBM wordt ter plaatse van de meetraai op de Kandiadam, met een tussenafstand van 5,0 m van de tunnelbuizen, een predictie uitgevoerd met een 2D-EEM pakket. De berekeningen dienen gefaseerd te worden uitgevoerd, met aanleg van 2 tunnelbuizen, overeenkomstig met de 2D-methode welke in het rapport eindrapport L500 [2] is beschreven. Hierbij zullen de gegevens vanuit de TBM (b.v. gehanteerde groutdrukken) en de meetgegevens (ondergrond en tunnel) bij de 1^e passage van MQ5 als input dienen. Opgemerkt wordt dat met het 4D-groutdrukmodel de optredende spanningen en vervormingen in de ondergrond en lining beter kunnen worden berekend. Gezien het beschikbare budget is gekozen om voor de predicties en evaluaties een 2D-EEM pakket toe te passen. De resultaten van de predicties zullen worden gerapporteerd.

2.4 Metingen

In het contract tussen RIB en de aannemerscombinatie is een uitgebreide meetraai (MQ5) voorzien op de Kandiadam. Ter plaatse van deze meetraai liggen de tunnelbuizen op een onderlinge afstand van 5,0 m. In de dwarsmeetraai zijn opgenomen zakbaken (8

stuks, automatische meting tijdens passage, meetfrequentie tijdens passage 2 maal per dag met minimaal 1 meting per 2,5 m boren), extensometers (4 verticalen, automatische meting, meetfrequentie tijdens passage 2 maal per dag met minimaal 1 meting per 2,5 m boren) en een peilbuis (automatische meting, continue registratie) geplaatst in het aanvulzand. Naast de metingen in de dwarsraai worden in langsrichting zakbaken geplaatst ter plaatse van MQ5 (8 stuks, automatische meting tijdens passage, vergelijkbare meetfrequentie als bij de dwarsraai). Tenslotte worden langs het gehele boortraject om de 25 m dwarsraaien met 5 zakbaken (automatische meting tijdens passage, meetfrequentie tijdens passage 1 maal per dag met minimaal 1 meting per 10 m boren). Bovengenoemde meetgegevens zijn overgenomen uit de rapportage van Fugro [3].

Door Comol worden contractueel ter plaatse van MQ5 (km 99.950) convergentie-metingen verricht. De metingen vinden handmatig plaats en met behulp van chained inclinometers. Voor de handmatige metingen worden 4 meetpunten in de ring aangebracht en met behulp van een theodoliet worden de meetpunten regelmatig gemeten. Het resultaat is de ovalisatie op verschillende afstanden in langsrichting van de TBM. De volgende meetreeks wordt voor de 2^e tunnelbuis aangehouden:

- nulmeting na montage ring binnen het schild;
- eerste meting (alleen hoogtemetingen) na elke volgende ring die gebouwd wordt totdat 14 ringen zijn gebouwd;
- tweede meting (alle meetpunten) na inbouw van 6 ringen;
- derde meting (alle meetpunten) na passage van de volgwagens;
- vierde meting (alle meetpunten) 50 m na passage van de volgwagens.

Door Comol wordt eveneens contractueel t.p.v. MQ5 drukdozen aan de buitenzijde van de tunnelling aangebracht op een zestal locaties in de ring voor beide tunnelbuizen. De drukken worden automatisch geregistreerd en in een data-file opgeslagen.

Aanvullend op bovengenoemde metingen zal de verandering van de horizontale gronddruk rondom de 1^e tunnelbuis op 3 of 4 posities automatisch worden gemeten met behulp van spade cells. De spade cells worden geplaatst bij drie verschillende tussenafstanden van de tunnelbuizen (3 meetraaien). De meetraaien bevinden zich ter plaatse van een tussenafstand van 3,5 m, 4,0 m en 5,0 m ter plaatse van reeds voorziene dwarsraaien. De locaties van de meetinstrumenten zijn nader aangegeven in bijlage 1. De resultaten van de metingen in de ondergrond zullen op overzichtelijke wijze worden gerapporteerd in een meetrapport. De op te nemen figuren zullen vooraf worden gespecificeerd. Indien voldoende budget beschikbaar is zullen tevens inclinometingen (aanvullende metingen) worden uitgevoerd. Hierbij wordt gedacht om in 3 dwarsraaien, in 2 verticalen inclinomeetbuizen te plaatsen. De inclinometingen zullen handmatig tijdens de passage van de TBM worden uitgevoerd.

Aanvullend op de voorziene coniciteitsmetingen zullen meetpunten in de 1^e tunnelbuis worden aangebracht ter plaatse van de bovengenoemde drie meetraaien, zodat de gemeten vervormingen en spanningen in de ondergrond gekoppeld kunnen worden aan de vervorming van de tunnelling. De resultaten van de metingen in de tunnelbuizen zullen op overzichtelijke wijze worden gerapporteerd in een meetrapport. De op te nemen figuren zullen vooraf worden gespecificeerd. Voor het aanbrengen van extra meetpunten en het uitvoeren van extra metingen zal nader overleg met opdrachtgever

en aannemerscombinatie noodzakelijk zijn. Op voorhand lijkt het uitvoeren van deze aanvullende coniciteitsmetingen haalbaar.

Voor het uitvoeren van de predicties en evaluaties zal een selectie van de TBM-data beschikbaar worden gesteld. Daarnaast zullen de meetgegevens van de contractuele metingen en aanvullende metingen beschikbaar worden gesteld aan de partijen die de predicties en evaluaties gaan uitvoeren.

2.5 Evaluaties

De evaluatie van de metingen zal gebeuren in samenwerking met Delft Cluster. Daartoe is voor het nieuwe onderzoeksprogramma 2003-2006 een conceptonderzoeksvoorstel geschreven dat in bijlage 3 is toegevoegd. Doel van dit DC onderzoek is om te komen tot optimalisatie van de afstand tot twee buizen vanuit constructief oogpunt. De optimalisatie zal plaats vinden door middel van parameterstudies in een 4D rekenmodel.

De link naar het praktijkonderzoek Pannerdschen Kanaal is dat het model gecalibreerd zal worden door rekenresultaten te vergelijken met het waargenomen gedrag (metingen). Daartoe zullen voor drie tussenafstanden (3,5 – 4,0 – 5,0 m) ter plaatse van de meetraaien postdicties worden uitgevoerd. De resultaten van de postdicties zullen worden vergeleken met de gemeten spanningen en vervormingen in de ondergrond en lining. De verschillen tussen metingen en postdicties zullen worden geëvalueerd.

De kosten voor dit onderdeel komen voor rekening van Delft Cluster, waarbij COB en DC afspreken dat de commissieleden F502 en de bedrijven die zij vertegenwoordigen inhoudelijk zullen participeren in het DC onderzoek. Nadere afspraken daarover zullen in de loop van 2002 worden gemaakt.

2.6 Eindrapportage F502

De eindrapportage van commissie F502 zal bestaan uit een oplegnotitie. In deze oplegnotitie worden de verbanden en algemene conclusies van de verschillende deelrapporten (literatuurstudie, predicties, meetrapporten en evaluaties) verwoord.

3 Projectbegroting

In onderstaande tabel staat per activiteit, zoals verwoord in voorgaande, de begroting aangegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt naar eigen bijdrage (commitment) en financiële vergoeding. Gezien de financiële afspraken binnen het Gemeenschappelijk Praktijkonderzoek Boortunnel (GPB) stelt Delft Cluster (DC) een eigen bijdrage in uren beschikbaar.

Activiteit	Commitment (in €)	Geldelijke vergoeding (in €)	Totale kosten (in €)	Uitvoerende partij
1. Opstellen deelprojectplan	1.500	3.500	5.000	HR/ TNO-Bouw
2. Literatuurstudie	3.000	7.000	10.000	n.t.b.
3. Predicties	4.500	10.500	15.000	n.t.b.
4a. Metingen in de ondergrond	0	55.800	55.800	n.t.b.
4b. Metingen in de tunnelbuizen	0	15.000	15.000	Comol
4c. Selectie TBM-data en meetgegevens	0	5.000	5.000	n.t.b.
5. Evaluaties	25.000	0	25.000	DC
6. Opstellen oplegnotitie	1.500	3.500	5.000	n.t.b.
Vergoeding voorzitter	8.160	6.810	14.970	TNO-Bouw
Vergoeding secretaris	8.160	6.810	14.970	HR
Vergaderingen (6 maal, gem. 10 personen)	40.680	0	40.680	Commissieleden
Onvoorzien		9.080	9.080	
Totaal	92.500	123.000	215.500	

n.t.b.: nader te bepalen

Deze projectbegroting voldoet aan de algehele begroting zoals vastgelegd in het basisprojectplan F500 [1]. Opgemerkt wordt dat het commitmentbedrag in de projectbegroting van F502 (€92.500) meer bedraagt dan is voorzien in de begroting van F500 (€54.000), zodat de totale kosten van de projectbegroting van F502 hoger uitvallen. De geldelijke vergoeding is overeenkomstig met het basisprojectplan F500 gehouden.

4 Planning

De planning is als bijlage 2 toegevoegd.

5 Samenstelling commissie F502

Naam	Bedrijf	Telefoon	E-mail
R.J. van Aartsen	HSL Zuid	071-5819029	robert.jan.aartsen@hslzuid.com
W. Broere	TU Delft	015-2784419	w.broere@citg.tudelft.nl
C.P. Caan	Arcadis	030-4604830	c.p.caan@arcadis.nl
B.F.S. van Dijk	T&E Consult	030-2486233	bdijk@teconsult.nl
J.P.W. van Dongen	IHC Tunnelling Systems	078-6910343	Dongen@its.ihcholland.com
R.H. Gerritsen	Royal Haskoning	024-3284284	r.gerritsen@royalhaskoning.com
S. Hintz	Maidl & Maidl C.V.	06-12873232	s.hintz@br.railinfraabeer.nl
Y.M.J.J. Hollman	IV-consult	078-6411250	y.hollman@!iv-infra.nl
J.A. Kleinjan	Grontmij	030-6394913	Arnold.kleinjan@grontmij.nl
E.A. Kwast	Holland Railconsult	030-2653966	Eakwast@hr.nl
P. Meijers	GeoDelft	015-2693832	p.meijers@geodelft.nl
H. Mortier	Comol	0481-428820	h.mortier@comol-pankan.nl
G.P.C. van Oosterhout	TNO Bouw	015-2696162	g.vanoosterhout@bouw.tno.nl
A.J. van Seters	Fugro	070-3111137	a.vseters@fugro.nl
A.M. Talmon	WL/Delft Hydraulics	015-2858774	arno.talmon@wldelft.nl
H.J.M. Vervuurt	TNO Bouw	015-2763227	a.vervuurt@bouw.tno.nl
M. de Vries	Gemeentewerken Rotterdam	010-4896699	m.devries@gw.rotterdam.nl

6 Literatuurlijst

- [1] COB, Basisprojectplan F500, Tunnel Pannerdensch Kanaal, kenmerk 01.134, versie 2,
d.d. 5 september 2001
- [2] Toetsingsrichtlijn voor het ontwerp van boortunnels voor weg- en railinfrastructuur, Eindrapport L500, COB, september 2000.
- [3] Monitoring procedure for settlement points, extensometers and water level, opgesteld door Fugro Ingenieursbureau B.V., documentnummer W-TA-WPL-1100, d.d. 11-12-2001.

Colofon

Opdrachtgever COB

Uitgave Holland Railconsult/TNO Bouw

Daalseplein 101
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 030 – 265 3966

Telefax 030 – 265 3581

Auteur ing. E.A. Kwast/dr. ir. G.P.C. van Oosterhout

Projectnummer Y7 / 50625201

Bijlage I Locaties meetraaien en meetinstrumenten in de ondergrond

Bijlage II planning F502

Bijlage III DC onderzoek Onderlinge beïnvloeding van tunnelbuizen
(conceptversie 2 april 2002)

Doelstelling

Het vanuit constructief oogpunt optimaliseren van de afstand tussen twee buizen van een geboorde tunnel.

Maatschappelijke relevantie

De tot nu toe in Nederland gebouwde boortunnels kennen een grote afstand tussen de buizen. Veelal wordt een afstand van tenminste 1 diameter gehanteerd, met eventueel een geringere afstand nabij start- en eindschacht. Zeker in dichtbevolkte gebieden is het wenselijk om tunnelbuizen zo dicht mogelijk tegen elkaar te bouwen (kortere beïnvloedingszones, smallere stations, etc). De keerzijde is dat dit constructieve gevolgen heeft.

Globale inhoud

Tussen de wens van buizen op korte afstand en de constructieve effecten ligt een optimum dat kan bepaald worden door bij bestaande of in aanleg zijnde tunnels de effecten van op korte afstand liggende buizen te meten en met de meetresultaten rekenmodellen te calibreren. De rekenmodellen kunnen vervolgens worden gebruikt om de optimale afstand te bepalen, door een parameterstudie voor de onderlinge afstand uit te voeren waarbij de vereiste dikte van de lining de uitkomst is van de berekeningen.

Voor het deel metingen kan aansluiting worden gezocht bij het COB praktijkonderzoek Pannerdschen kanaal, in welk kader er gericht zal worden gemeten wat de constructieve invloed is van twee buizen op respectievelijk 3, 4 of 5 m bij een diameter van 9.5 m. Voor het rekenmodel wordt gedacht aan een 4D model waarin de invloed van het grouten wordt meegenomen.

Beoogde resultaten

Parameterstudie waarin de dikte van de lining als functie van de buisafstand wordt bepaald.

Kostenraming

De kosten voor de metingen worden reeds gefinancierd door COB en zullen vanaf het voorjaar van 2002 worden uitgevoerd. De kosten voor de evaluatie van de metingen alsmede het doen van de parameterstudie zullen door Delft Cluster worden gedragen. Opgemerkt wordt overigens dat de leden van de onderzoekscommissie Tunnelconstructie hebben aangegeven bij het Delft Cluster deel betrokken te willen zijn, waaronder ook het uitvoeren van een deel van de werkzaamheden wordt gezien.

Een eerste raming van de kosten voor Delft Cluster is 250 KEUR.