

**99-CON-DYN-R0041 Specificatiestudie laboratoriumbeproeving
boortunnelringen**

1 mei 1999

P.C. van Staalduinen
F.B.J. Gijsbers
R. Vis
F.M. Middeldorp

Opdrachtgever:
Projectorganisatie HSL-Zuid Infra
Cluster Boortunnel
Postbus 20000
3502 LA Utrecht

Projectnaam: Tunnelproef HSL-Zuid
Projectnr. : 9.21.3.5356

Pagina's : 31
Tabellen : -
Figuren : -
Bijlagen : -

1999

Trefwoord(en) : proefopstellingen, ondergronds bouwen, boortunnels

TEN GELEIDE

Aan de bedragen die in dit document zijn genoemd kunnen geen rechten worden ontleend. Alle genoemde bedragen zijn exclusief BTW.

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	4
2. BEPROEVINGSOPSTELLING	5
3. VERKENNING VAN DE GEWENSTE FUNCTIONALITEITEN	7
3.1 Vijzels	7
3.2 Aansturing van de vijzels	8
3.3 Metingen aan de tunnelconstructie	9
3.4 Data-acquisitie	14
4. FUNCTIONELE BESCHRIJVING VAN VIJZELS EN AANSTURING	16
4.1 Inkoop/huur vijzels en hydraulische apparatuur	16
4.2 Installeren van de vijzels	17
4.3 Aansturing vijzelgroepen	17
4.4 Aansturing opleggingen bij de nokken	18
4.5 Levertijden	18
5. FUNCTIONELE BESCHRIJVING VAN MEETAPPARATUUR EN DATA-ACQUISTIE	19
5.1 Sensoren	19
5.2 Installeren van de sensoren	20
5.3 Data-acquisitie	20
5.4 Optimale variant	22
6. TECHNISCHE SPECIFICATIES VOOR UITBESTEDINGEN VOOR BEPROEVINGS- EN MEETAPPARATUUR	23
6.1 Inkoop en uitbestedingen met betrekking tot vijzels en aansturing:	23
6.2 Inkoop en uitbestedingen met betrekking tot data-acquisitie	23
6.3 Levertijden	25
6.4 Geschatte kosten inkoop en uitbestedingen	25
7. OVERIGE ACTIVITEITEN EN WERKZAAMHEDEN IN STEVIN II	26
7.1 Voorbereiding en opbouw	26
7.2 Uitvoeren van de proeven	26
7.3 Verwijderen vijzels, sensoren etc.	26
7.4 Projectmanagement	27
7.5 Huur Stevinlab	27
7.6 Overige werkzaamheden	27
7.7 Onvoorziene werkzaamheden	27
7.8 Totalen overige activiteiten	27
8. KOSTENOVERZICHT EN BUDGET	28
9. PARTIJEN VOOR LEVERINGEN EN UIT TE BESTEDEN WERK	29
10. RISICO-ANALYSE	30
11. PLANNING	31

1. INLEIDING

De Projectorganisatie HSL-Zuid Infra heeft het plan een proeven uit te voeren op enkele ringen van een boortunnel. Deze proef zal op ware grootte in het laboratorium worden uitgevoerd. Met deze proef beoogt de projectorganisatie meer inzicht te krijgen in de krachtswerking van de tunnelconstructie onder diverse belastingscondities. Ook de onderlinge beïnvloeding van afzonderlijke segmenten in de ring is onderwerp van de studie. Tenslotte wordt met de proeven beoogd 3D-rekenmodellen van een tunnelring te valideren.

In een eerder stadium van de voorbereiding van deze proeven is door TNO Bouw in opdracht van de Projectorganisatie een haalbaarheidstudie uitgevoerd. Deze haalbaarheidstudie had tot doel na te gaan of het uitvoeren van de proeven op ware grootte mogelijk was binnen redelijke randvoorwaarden van kosten en tijd. Het resultaat van de haalbaarheidstudie is gerapporteerd in TNO rapport 98-CON-R1269 'Haalbaarheid tunnelproeven HSL-Zuid' d.d. 2 december 1998. Kort samengevat zijn er verschillende scenario's voor het uitvoeren van de proef mogelijk. De proefopstelling, welke nog nader ontworpen en gedetailleerd zou moeten worden, zou kunnen worden ondergebracht in het Stevinlaboratorium van de TU Delft. De uitvoering van de proeven zou kunnen plaatsvinden in 1999. Met betrekking tot de apparatuur benodigd voor het uitvoeren van de proeven (vizelapparatuur, aansturingsapparatuur, sensoren en meetapparatuur) geeft de haalbaarheidstudie hiervoor verschillende opties aan, welke een nadere uitwerking behoeven. De haalbaarheidstudie bevat enkele financiële scenario's, die uitgaan van verschillende opties voor de proefopstelling, voor de beproevings- en de meetapparatuur.

Naar aanleiding van voorgaande haalbaarheidstudie heeft de Projectorganisatie HSL Zuid Infra aan TNO Bouw verzocht een specificatie-rapport op te stellen, op basis waarvan een beslissing kan worden genomen over het al dan niet uitvoeren van de proeven. Het specificatierapport moet daartoe een beschrijving bevatten van benodigde beproevings- en meetapparatuur. De gewenste functionaliteiten, de daarvoor benodigde apparatuur en voorzieningen, leveranciers, installateurs, levertijden en kosten moeten in deze studie kaart worden gebracht. Als randvoorwaarde bij deze specificatiestudie geldt dat de Projectorganisatie het ontwerp van de belastingsframes heeft uitbesteed aan Holland Railconsult. Deze ontwerpstudie loopt parallel aan de onderhavige specificatiestudie. Tevens is het uitgangspunt dat de proefopstelling in het Stevinlaboratorium wordt geplaatst. De berekeningen, die de basis vormen voor het onderzoek naar de krachtswerking van de tunnelringen, worden door de Projectorganisatie zelf uitgevoerd.

Deze specificatiestudie is opgebouwd uit de volgende onderdelen.

- Beproevingsofopstelling en randvoorwaarden aan beproevings- en meetapparatuur
- Verkenning van de gewenste functionaliteiten op basis van de haalbaarheidstudie
- Functionele beschrijving van vizels en aansturing
- Functionele beschrijving van meetapparatuur en data-acquisitie
- Technische specificaties voor uitbestedingen voor beproevings- en meetapparatuur

2. BEPROEVINGSOPSTELLING

De beproevingsopstelling die door Holland Railconsult ontworpen wordt, gaat uit van het verticaal opstellen van een drietal tunnelringen. De te ontwerpen beproevingsopstelling is een staalconstructie, waarmee de tunnelringen radiaal en axiaal kunnen worden belast. Daartoe zijn 14 axiale belastingsframes voorzien, waarmee de belasting in de richting van de tunnelas kan worden aangebracht. Voorts is een reactiewand voorzien, waarmee de tunnelringen met een alzijdig of over de omtrek verlopende kracht kan worden belast. Deze radiale belasting moet apart instelbaar zijn voor de drie tunnelringen.

Essentie van de beproevingsopstelling is dat intern een krachtenevenwicht wordt gevonden. De belastingen op de tunnelconstructie worden dus zoveel mogelijk opgenomen door de beproevingsopstelling zelf. Hierdoor stelt de beproevingsopstelling niet al te grote eisen aan de capaciteit van de vloer van het laboratorium. Daarentegen moet de beproevingsopstelling zelf voldoende sterkte en stijfheid bezitten om de krachten met beperkte vervormingen te kunnen opnemen.

De beproevingsopstelling wordt ontworpen op een maximale tunneldiameter van 11 m; dit is de buitendiameter van de tunnel door het Groene Hart. De belastingen die de beproevingsopstelling moet kunnen opnemen, zijn ontleend aan de ontwerp-omstandigheden voor deze tunnel en voor de Botlekspoortunnel.

Tijdens het uitvoeren van de specificatiestudie heeft regelmatig overleg plaatsgevonden met Holland Railconsult, om een goede afstemming te vinden tussen de beproevingsopstelling en de daarin op te nemen beproevingsapparatuur (vizels e.d.). Het concept van de beproevingsopstelling stelt randvoorwaarden aan de beproevings, aansturings- en meetapparatuur.

- Er moeten 56 vizelgroepen apart kunnen worden aangestuurd.
- Omdat de beproevingsopstelling intern evenwicht maakt, moet de positie van de tunnelringen in de opstelling tijdens een beproeving worden bewaakt. Hiertoe zullen de een aantal verplaatsingsvrijheidsgraden van de tunnelring moeten worden gemeten en via een actieve terugkoppeling worden bewaakt.
- De bevestiging van de radiale vizels op de beproevingsopstelling moet zodanig zijn, dat de stabiliteit van de ring in de beproevingsopstelling gewaarborgd is. De stabiliteit in de richting van de ring stelt speciale eisen aan de positionering van de vizels en aan het type oplegging en eisen aan voorzieningen om rotatie om de tunnelas te beperken. Ook de stabiliteit in axiale richting moet worden beoordeeld, aangezien door het samendrukken van de tunnel in axiale richting vanuit de hoekverdraaiingen van de radiale vizels een resulterende kracht in verticale richting op de tunnel en op de beproevingsopstelling kan ontstaan.

In overleg met Holland Railconsult wordt beoordeeld in welke mate de stabiliteit van de constructie voorzieningen in de beproevingsapparatuur noodzakelijk maakt. De sterkte en stijfheid van de constructie is primair de verantwoordelijkheid van Holland Railconsult. De stijfheid en de

vervormingen van de beproevingsopstelling hebben een relatie met de benodigde slag van de vijzels en met de aan te brengen stabiliserende voorzieningen.

Het bovenstaande betekent in termen van randvoorwaarden aan beproevings- en meetapparatuur:

- De aansturing van de 14 axiale vijzelgroepen en van de radiale vijzelgroepen moet voor elke ring afzonderlijk kunnen plaatsvinden, in totaal zijn er dus 56 aan te sturen vijzelgroepen.
- Er moeten verschillende patronen van krachten in radiale en axiale richting kunnen worden gerealiseerd.
- De krachtopbouw moet in de tijd kunnen worden gestuurd.
- Er moet een controle zijn of de ingestelde vijzeldruk of -kracht in de afzonderlijke vijzelgroepen is bereikt. Dit mag een passieve terugkoppeling zijn, waarbij iteratief op de waarde van een setpoint (oliedruk of kracht) wordt gecorrigeerd.
- Het proefstuk zal op vier plaatsen om de omtrek in tangentele richting worden vastgehouden door middel van dubbelwerkende vijzels. Deze vier vijzels moeten kunnen worden voorzien van een actieve terugkoppeling, waarbij de vijzeldrukken of -krachten op basis van een gemeten verplaatsing kunnen worden gestuurd. Het doel van deze terugkoppeling is om tijdens de proef een 'oplegging' van de tunnelring te vormen, waardoor de tunnelringen als gevolg van het ontbreken van evenwicht in de aangebrachte radiale belasting zouden kunnen gaan verplaatsen.
- Op een aantal punten zal het radiale verplaatsingsgedrag van de tunnel gemeten moeten worden, waarmee een actieve terugkoppeling kan worden gegeven op krachtsystemen voor het beperken van deze verplaatsingen.
- Op een aantal punten zal het verplaatsingsgedrag van de tunnel gemeten moeten worden. De uitlezing van deze verplaatsingen kan aanleiding geven de proef te staken.

3. VERKENNING VAN DE GEWENSTE FUNCTIONALITEITEN

3.1 Vijzels

In het concept van de beproevingsopstelling wordt uitgegaan van 42 radiale vijzelgroepen en van 14 axiale vijzelgroepen. De axiale vijzelgroepen kunnen desgewenst uit twee naast elkaar geplaatste plunjervijzels bestaan (capaciteit $2 \cdot 2450$ kN) of uit één plunjervijzel (capaciteit 4900 kN). Het is ook mogelijk te werken met platte vijzels (capaciteit ca. 5000 kN). De radiale vijzels worden in drie ringen van 28 vijzels geplaatst. In elke ring worden de vijzels in 14 groepen van 2 vijzels aangestuurd. De radiale vijzels hebben een capaciteit van 850 kN elk.

Radiale vijzels

In verband met de ombouw van de beproevingsopstelling en het wisselen van krachtpatronen tussen verschillende proeven, is het noodzakelijk dat de radiale vijzelgroepen zowel in- als uit te sturen zijn. Hiervoor zijn dubbelwerkende vijzelsystemen nodig. Enkelvoudig werkende vijzels zouden eventueel ook kunnen worden ingezet. Bij het beëindigen van proeven blijft dan een kleine kracht op de constructie aanwezig. De stelmogelijkheden van deze vijzels bij montage zijn minder groot.

Axiale vijzels

Voor de axiale vijzels zou uitgegaan kunnen worden van plunjervijzels of van platte vijzels. Er bestaat hier de vrijheid tussen het combineren van twee naast elkaar geplaatste vijzels in een vijzelgroep (waarvan in de haalbaarheidstudie werd uitgegaan) of van het toepassen van een enkele vijzel. Uit het oogpunt van eenvoud in de beproevingsframes is uitgegaan van het toepassen van een enkele vijzel.

Werkdruk

Er kan worden gekozen voor verschillende werkdrukken voor de vijzels: 450 bar en 280 bar zijn veel gebruikte drukken. De keuze van de werkdruk hangt samen met de beschikbaarheid van vijzels bij verhuurders en met de functionaliteit van aanstuurapparatuur. Uit een marktonderzoek blijkt dat de radiale vijzels met een capaciteit van 850 kN te huur zijn bij een werkdruk van 450 bar. Indien bij de axiale vijzels wordt uitgegaan van platte vijzels, zal voor deze vijzels een lagere werkdruk, namelijk 150 bar, gehanteerd moeten worden.

Hydrauliekvoorzieningen

Het Stevinlaboratorium biedt onvoldoende voorzieningen voor het hier benodigde grote debiet. Derhalve is huur of aanschaf van een hydrauliekpomp noodzakelijk.

Bevestiging van vijzels tussen beproevingsopstelling en tunnelconstructie

Een van de cruciale onderdelen in het ontwerp van de beproevingsopstelling is de bevestiging van de radiale vijzels. Proeftechnisch wenst men een zo zuiver mogelijke centrische belasting van de vijzels, hetgeen er voor pleit de vijzels door middel van een kogelscharnier aan de beproevingsopstelling en aan de tunnelconstructie te bevestigen. De vijzel vormt dan een

pendelstaaf. Dit stelt eisen aan de stabiliteit van het proefstuk en van de reactiewand. Hiervoor moeten dan ook stabiliserende elementen worden aangebracht die eventueel horizontaal verschuiven of een torsie-verplaatsing van het proefstuk ten opzichte van de reactiewand verhinderen.

3.2 Aansturing van de vijzels

Aansturing in groepen

In het concept van de beproevingsopstelling wordt uitgegaan van 3*14 radiale vijzelgroepen en van 14 axiale vijzelgroepen, in totaal 56.

Met het oog op de uit te voeren beproevingen geldt:

- de radiale vijzels moeten per segment kunnen worden aangestuurd. Dit levert 3*14 groepen
- de axiale vijzels moeten per stuk kunnen worden aangestuurd (14 groepen)

Stuurprincipes

De aanstuurprincipes van de vijzels zijn in de haalbaarheidstudie al aan de orde geweest:

- Sturen op oliedruk: het stuursysteem stelt een opgegeven oliedruk in en handhaaft deze. Deze aansturing kan bij vijzels geschieden met drukregelventielen. Hiermee kan bij vijzels in principe een constante oliedruk worden gerealiseerd. Deze constante oliedruk vertaalt zich bij de vijzels in een constante kracht.
- Sturen op verplaatsing: hiervoor is een teruggekoppeld systeem nodig, dat een verplaatsing meet en op basis hiervan de oliedruk zodanig bijregelt, dat deze verplaatsing wordt gerealiseerd en gehandhaafd.
- Sturen op kracht: hiervoor is een teruggekoppeld systeem nodig, dat kracht meet en op basis hiervan de oliedruk zodanig bijregelt, dat deze kracht wordt gerealiseerd en gehandhaafd.
- Sturen op kracht en verplaatsing: hiervoor is een teruggekoppeld systeem nodig, dat kracht en verplaatsing meet en op basis van een opgegeven relatie tussen kracht en verplaatsing de oliedruk zodanig bijregelt. Met een dergelijk systeem kan bijvoorbeeld een verende oplegging worden gesimuleerd.

Indien een verplaatsings- of krachtgestuurd systeem met een servo-sturing wordt ingezet, kunnen de opgegeven verplaatsingen of krachten relatief snel in de tijd worden gewijzigd. Deze behoefte bestaat bij de onderhavige beproevingen niet. Men kan daardoor bij deze proeven volstaan met het sturen op oliedruk. In deze specificatiestudie wordt daarom van de optie 'sturen op oliedruk' uitgegaan, behalve voor de 4 vijzels die de horizontale en torsie-stabiliteit van het proefstuk moeten verzorgen. Bij die vijzels zal op de gemeten verplaatsing worden gestuurd.

Metten van oliedrukken

De relatie tussen de oliedruk en de vijzelkracht wordt bepaald door de wrijving in de vijzel. Indien de vijzel zodanig in de beproevingsopstelling is ingebouwd, dat deze geen dwarskrachten ondervindt, blijkt uit verkennend onderzoek bij TNO Bouw dat de oliekrachten binnen enkele procenten te relateren zijn aan de vijzeldrukken. Deze verwachte maximale afwijking is in de orde van 5 %; deze afwijking is afhankelijk van het type vijzel en van de wijze van oplegging, met name van eventuele dwarskracht. Een dergelijke nauwkeurigheid is voor de hier bedoelde proeven voldoende. Ter controle van de ingestelde oliedrukken is het in ieder geval noodzakelijk bij een

aansturing op drukken door middel van drukregelventielen de gerealiseerde oliedruk te meten. Dit kan per vijzelgroep gebeuren.

Metten van krachten

Als optie kan ook per vijzel de kracht worden gemeten. Dit vereist een drukdoos per vijzel. Hiermee wordt de nauwkeurigheid waarmee de kracht wordt bepaald groter.

Stuursysteem

De aansturing van de vijzels geschiedt door middel van een spanningsaansturing van de drukregelventielen. De aansturing zal gebeuren door middel van een stuursysteem dat via een PC kan worden bediend. Hiermee wordt via een DA-board in de PC een analoog stuursignaal (spanning) afgegeven. Door per vijzelgroep de oliedruk te meten kan via een AD board in de PC de gerealiseerde druk (eveneens via een spanning die evenredig is met de oliedruk) worden gemeten en kan de afwijking tussen de ingestelde waarde en de gerealiseerde waarde worden vastgesteld. Optioneel kan in het besturingssysteem softwarematig een iteratieve fijnregeling worden opgenomen, waarbij de afwijking tussen de ingestelde waarde en de gerealiseerde waarde wordt geminimaliseerd. Het stuursysteem zal de opbouw van de kracht moeten realiseren op een in te stellen wijze als functie van de tijd. Uitgangspunt hierbij moet zijn dat de kracht geleidelijk (bijvoorbeeld lineair in de tijd) wordt opgebouwd. Tussen deze perioden van krachtopbouw zullen zich perioden bevinden, waarin de ingestelde oliedrukken op een constant niveau gehouden moeten worden.

In het aansturingssysteem zal de mogelijkheid moeten bestaan een aantal andere meetkanalen via een AD board te meten (bijvoorbeeld macro-verplaatsingen van de tunnelconstructie, krachten in bepaalde onderdelen van de beproevingsopstelling). Op deze meetkanalen moeten beveiligingen en waarschuwingen kunnen worden ingesteld, zodanig dat de belasting niet verder wordt opgevoerd indien in te stellen niveaus worden bereikt. Waarschuwingen moeten worden gegeven bij het benaderen van deze niveaus.

Het aansturingssysteem moet een routine bevatten waarmee de drukken in geval van calamiteiten gecontroleerd kunnen worden afgebouwd.

Het aansturingssysteem moet een beveiliging bevatten in verband met disfunctioneren van de processor (PC) of bij uitval van spanning.

3.3 Metingen aan de tunnelconstructie

In de haalbaarheidstudie zijn de gewenste functionaliteiten ten aanzien van het meten van de krachtswerking in de tunnelconstructie en van de verplaatsingen en vervormingen van de tunnelconstructie alleen in hoofdlijnen uitgewerkt. Samengevat komt uit de haalbaarheidstudie naar voren:

- de globale verplaatsingen van de tunnelconstructie als geheel moeten worden gemeten. Hierbij valt te denken aan de ovalisatie van de constructie. In de haalbaarheidstudie is uitgegaan van het meten op discrete punten door middel van verplaatsingsopnemers. Ook tastloze metingen (laser-

triangulatie) aan de binnenzijde, in de omtreksrichting van het proefstuk kunnen hier worden overwogen.

- de verschilverplaatsingen over de voegen moeten worden gemeten. Dit betreft zowel de langsvoeegen als de ringvoegen en zowel verschilverplaatsingen loodrecht op het voegvlak als in de richting van het voegvlakken loodrecht op de tunnelwand.
- vervormingen van de segmenten, die herleidbaar zijn tot spanningen in de tunnelsegmenten. In de haalbaarheidstudie is uitgegaan van het meten van verplaatsingen over een bepaalde meetlengte (bijv. 50 mm) door middel van verplaatsingsopnemers of rekstroken.
- niet in de haalbaarheidstudie genoemd, maar mogelijk wel van belang, is het meten van de vervormingen in de tunnelsegmenten door het instorten van rekopnemers. Dit kan overwogen worden indien de te beproeven tunnelsegmenten nog gestort moeten worden.

Aanvullend op de hier genoemde grootheden moeten ook de vijzeldrukken of eventueel vijzelkrachten worden gemeten (zie paragraaf 3.2).

In de keuze van de aantallen te meten grootheden bestaat een grote vrijheid. Vanuit de hierboven geformuleerde principes is in kaart gebracht welke hoeveelheden bij deze proef aan de orde zijn.

Verplaatsingen van tunnelconstructie als geheel

verplaatsingen als gevolg van rotaties op 4 plaatsen om de buiten of binnenomtrek, per ring

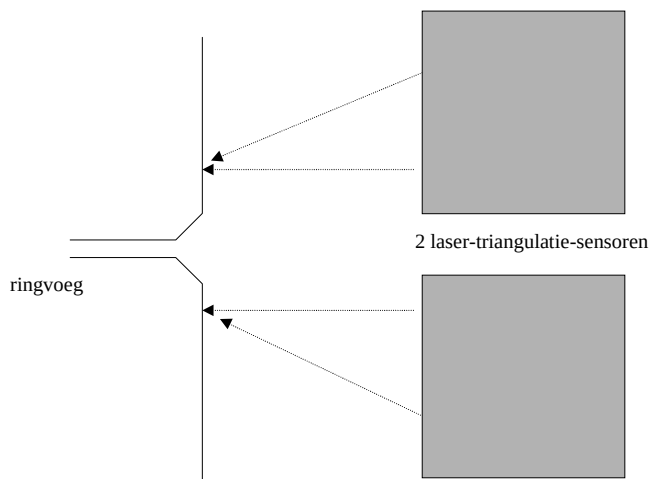
- $4 * 3 = 12$ verplaatsingsopnemers, slag 50 mm

verplaatsingen van de vier actief gestuurde vijzelgroepen (de tangentele 'opleggingen')

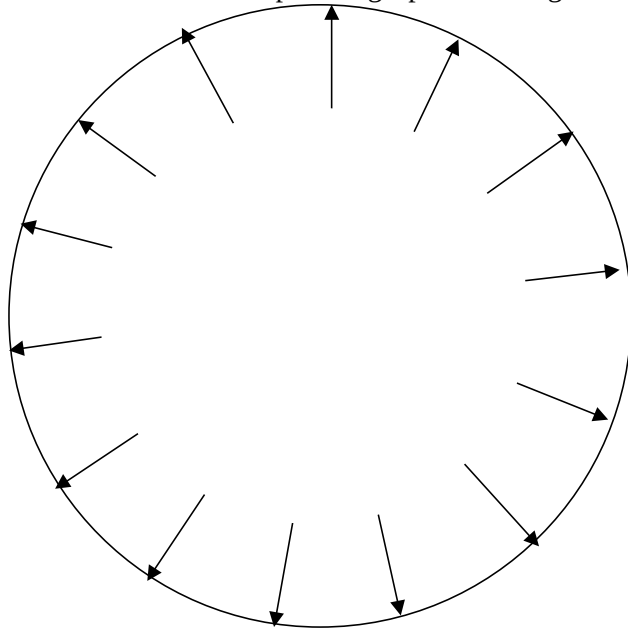
- 4 verplaatsingsopnemers, slag 50 mm

radiale verplaatsing aan de binnenzijde van de tunnelwand op 6 niveaus (contactloos of conventioneel); hiervoor zijn twee mogelijkheden:

- contactloze meting over volle omtrek; 6 laser triangulatie sensoren en 1 positiebepaling:



- meting van de verplaatsing op 14 posities om de omtrek van het proefstuk op 6 niveaus door middel van 84 verplaatsingsopnemers slag 50 mm



voegverplaatsingen

langsvoegen (gaping, compressie):

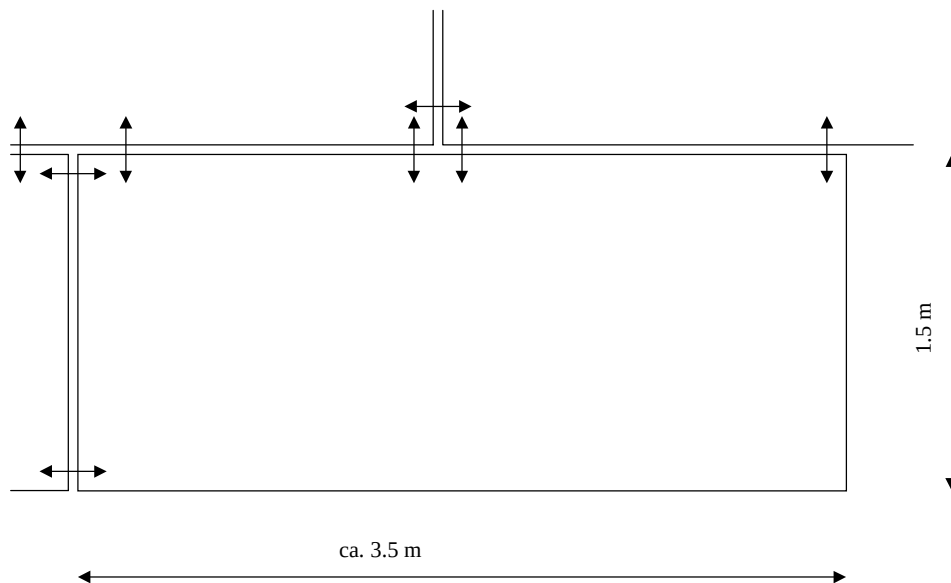
Hier wordt zowel de tangentele als de radiale voegverplaatsing gemeten. De meting vindt plaats op twee plaatsen van de voeg (boven en onder) aan binnen en buitenzijde. De radiale meting kan achterwege blijven, indien de radiale tunnelvervorming met een contactloze meting wordt bepaald.

- tangenteel: 24 voegen met elk vier opnemers dus in totaal 96 verplaatsingsopnemers slag 10 mm
- radiaal; 24 voegen met elk twee opnemers dus in totaal 48 verplaatsingsopnemers slag 10 mm

ringvoegen (gaping, compressie):

Hier wordt zowel de axiale als de radiale voegverplaatsing gemeten. De meting vindt plaats op vier plaatsen per segment-ringvoeg op twee ringvoegen, aan binnen en buitenzijde. De radiale meting kan achterwege blijven, indien de tunnelvervorming met een contactloze meting wordt uitgevoerd.

- tangenteel: $2 \times 4 \times 8 \times 2 = 128$ verplaatsingsopnemers slag 10 mm
- radiaal: $2 \times 4 \times 8 \times 2 = 128$ verplaatsingsopnemers slag 10 mm



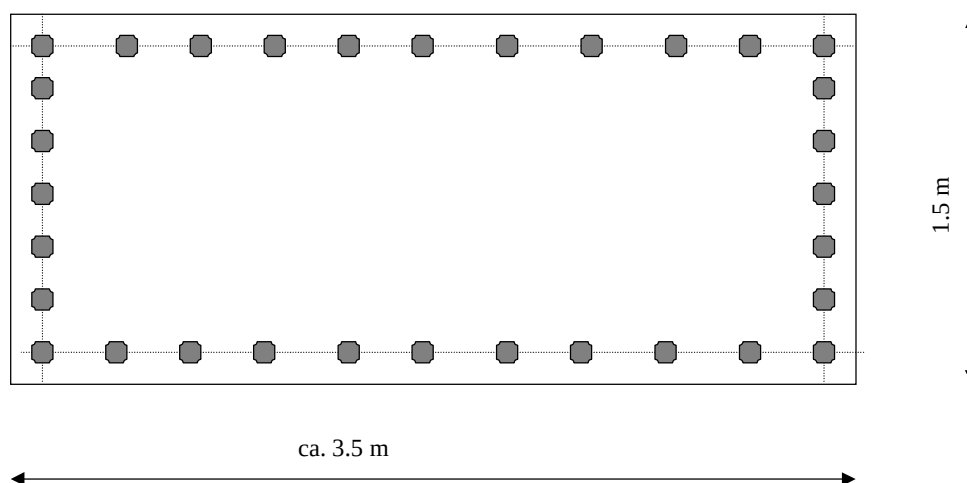
krachtswerking in de segmenten

detailmeting vervormingen segmenten te meten door rozetten aan binnen en buitenzijde

Om een indruk te krijgen in welke mate van detail men op een segment de vervormingen zou kunnen meten, is hier een voorbeeld uitgewerkt, waarbij de vervormingen langs de randen van het segment intensief worden gemeten. Hiervoor zijn benodigd:

- Per segment 2 * 11 rozetten in de langsrichting op ca. 100 mm uit de rand;
- Per segment 2 * 5 rozetten in de smalle richting, 100 mm uit de rand;

Het totaal is 32 rozetten dus 96 kanalen per zijde, dus 192 kanalen per segment. Indien een aantal segmenten wordt voorzien, stel ca. 7, bedraagt het aantal kanalen $7 * 192 = 1344$ (aantal rozetten per segment 64)

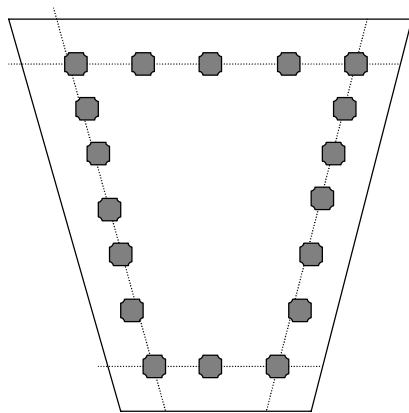


detailmeting vervormingen in de tunnelsegmenten

Per segment worden in de orde van 10 rekopnemers ingestort op de posities die ook in de Tweede Heinenoordtunnel zijn gehanteerd. Een voorkeur bestaat voor snaarrekopnemers in verband met hoge resolutie.

detailmeting vervormingen sluitsteen te meten door rozetten aan binnen en buitenzijde

Een voorbeeld van een detailmeting aan de sluitsteen is hieronder uitgewerkt. Dit vereist: 5 rozetten in langsrichting brede zijde, 3 rozetten in langsrichting smalle en $2 * 5$ in hoogterichting. Dit levert in totaal 18 rozetten dus 54 kanalen per zijde, dus 108 kanalen per segment. Verondersteld wordt een sluitsteen met een dergelijke voorzieningen uit te rusten. (aantal rozetten per sluitsteen 36)



Als alternatief geldt hier het meten van de vervorming door middel van verplaatsingsopnemers over een meetlengte van 50 mm. Ten aanzien van de vervorming door buiging in de ringrichting kan een meting door middel van lasertriangulatie ook bruikbare gegevens opleveren. Hier zal om praktische redenen een beperking moeten worden aangehouden in het aantal.

Vijzelkrachten of vijzeldrukken

- drukken in 56 vijzelgroepen (spanningsuitgang)
- krachten in $3 * 28 + 14 = 98$ vijzels (spanningsuitgang)

Gelet op de grote hoeveelheid sensoren en meetkanalen, zijn hieronder enkele scenario's opgesteld, die in het vervolg bij de functionele specificatie verder zijn uitgewerkt.

A. Basisvoorziening: voorzieningen die altijd nodig zijn.

- globale verplaatsingen: verplaatsingsopnemers, slag 50 mm, 15 kanalen
- voegverplaatsingen: verplaatsingsopnemers slag 10 mm, $96 + 128 = 224$ kanalen

B1. Alle overige verplaatsingsmetingen door middel van verplaatsingsopnemers.

- globale verplaatsingen extra: verplaatsingsopnemers slag 50 mm, 84 kanalen
- voegverplaatsingen extra: verplaatsingsopnemers slag 10 mm, $48 + 128 = 176$ kanalen

B2. Alle overige verplaatsingsmetingen door middel van contactloos systeem.

- globale verplaatsingen en voegverplaatsingen extra: 6 laser-triangulatie sensoren

- C1 Alle vervormingsmetingen door middel van verplaatsingsopnemers.
- verplaatsingsopnemers slag 10 mm, aantal optioneel (geschat ca. 300 stuks)
- C2 Alle vervormingsmetingen door middel van rekstroken (rozetten).
- rozetten, aantal optioneel, geschat ca. 300 (ca. 900 kanalen)
- C3 Een beperkt aantal vervormingsmetingen door middel van rekstroken (rozetten).
- rozetten, aantal optioneel, geschat ca. 100 (ca. 300 kanalen)
- D1 Interne krachtswerking door middel van snaarrekopnemers
- snaarrekopnemers, ca. 10 a 12 per segment, aantal optioneel, geschat ca. 30 (frequentie en temperatuur)
- E1 Externe kracht door middel van krachtopnemers
- krachtopnemers voor elke radiale vijzel, totaal 84 stuks (hele brug)

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de mogelijke scenario's

onderdeel	A	B1	B2	C1	C2	C3	D1	E1	
scenario	239 v	260 v	8 v	300 v	900 k	300 k	30 f	84 v	# chan
1	x	x		x					799
2	x	x		x		x			1099
3	x	x			x				1399
4	x		x	x					547
5	x		x	x		x			847
6	x		x		x				1447
7: 1-6 plus D1							x		
8: 1-6 plus E1								x	

Opmerking:

v spanningsuitgang

k 1/4 brug

f frequentie en temperatuur uitlezing

3.4 Data-acquisitie

Het data-acquisitie-systeem zal gebaseerd moeten zijn op een PC, waarin AD-boards zijn opgenomen of waarmee eventueel decentraal op te stellen AD-boards of dataloggers kunnen worden aangestuurd. Aangezien het hier statische metingen betreft, waarin de tijd een onderschikte rol

speelt, is het mogelijk de data-acquisitie te spreiden over verschillende systemen, onder voorwaarde dat een tijdsynchronisatie aanwezig is.

Los van de uiteindelijke keuze voor een van bovenstaande scenario's volgt uit een beschouwing van de verschillende soorten en aantallen sensoren dat een bepaalde splitsing gewenst kan zijn.

De sensoren genoemd onder D1 zouden op een afzonderlijk data-acquisitiesysteem kunnen worden aangesloten. Dit volgt uit het meetprincipe van de sensoren, waardoor specifieke voorzieningen (data-loggers) noodzakelijk zijn. Mogelijk kan hierbij gebruik worden gemaakt van het systeem dat door COB voor de Tweede Heinenoordtunnel is ingezet, danwel van spare-apparatuur. Hiervoor is overleg met COB benodigd.

De metingen onder B2 kunnen mogelijk ook door een separaat systeem worden bediend, omdat hier een wezenlijk hogere bemonsteringsfrequentie zal gelden dan bij de andere sensoren. Bovendien moet voor de lasersensoren ook een bewegend statief worden aangestuurd.

De verplaatsings- en rekstrookmetingen zouden op een of twee dataloggingsystemen kunnen worden aangesloten, die door een centrale PC worden aangestuurd. Merk overigens op dat het aansturingssysteem de vijzeldrukken zal meten. Hiervoor hoeft dus niet meer te worden geregeld. In geval ook vijzelkrachten worden gemeten, kunnen deze waarschijnlijk ook op een data-logging systeem worden aangesloten.

4. FUNCTIONELE BESCHRIJVING VAN VIJZELS EN AANSTURING

4.1 Inkoop/huur vijzels en hydraulische apparatuur

- leveren 84 vijzels, capaciteit 850 kN, werkdruk 280 of 450 bar, dubbel werkend
- leveren 14*2 platte vijzels inclusief 42 ronde drukplaten, capaciteit 5000 kN, werkdruk 150 bar.
- leveren 4 vijzels, capaciteit 1000 kN, werkdruk 280 of 450 bar, dubbel werkend
- leveren hydraulisch aggregaten, capaciteit 100 l/min, werkdruk 280 of 450 bar en 150 bar.
- leveren en installeren ringleidingsysteem met pers en retourstroom ten behoeve van 56 vijzelgroepen
- leveren van 56 drukregelventielen voor het instellen van de vijzeldrukken, via spanningsaansturing instelbaar, inclusief 24V voedingen
- leveren van kogelopleggingen/bevestigingen voor de 84 radiale vijzels.

De kosten van deze in te kopen of uit te besteden voorzieningen zijn als volgt:

- | | | |
|--|-----|------------|
| • 84 vijzels inkoop | NLG | 252.000,-- |
| • 28 platte vijzels inkoop 150 bar | | 24.000,-- |
| • 56 oliedrukopnemers | | 40.000,-- |
| • hydraulisch aggregaat inkoop | | 25.000,-- |
| • hydrauliekleidingen, slangen, aanleg | | 80.000,-- |
| • (materiaal en arbeid) | | |
| • kabels en connectors | | 20.000,-- |

koopsценario, totaal	NLG	441.000,--
----------------------	-----	------------

Eventueel kunnen de radiale vijzels en een hydraulisch aggregaat worden gehuurd:

- 84 vizels huur voor 6 maanden 88.000,--

NB enkelwerkend, 450 bar.

- hydraulisch aggregaat inkoop 33.000,--

3 * 20 l/min, voor 6 maanden

De 4 vijzels voor de opleggingen (1000 kN) zijn niet te huur en moeten dus gekocht worden. De platte vijzels voor de axiale belasting zijn ook niet te huur. De toepasbaarheid van de platte vijzels wordt op dit moment nog geëvalueerd. Mogelijk is het op basis van deze resultaten toch noodzakelijk is het om in plaats van de platte vijzels pluinjervijzels toe te passen. De meerkosten hiervan bedragen. NLG 6.510,- per stuk, dus in totaal NLG 91.140,-. Hiervoor wordt ook verwezen naar de risico-analyse.

Hierbij moet worden opgemerkt dat voor de 450 bar vijzels 42 drukregelventielen geschikt voor 450 bar gekocht moeten worden. Voor zover thans is nagegaan kunnen deze niet bij De Boer in Baarn of elders worden gehuurd. De betreffende drukregelventielen (fabrikaat Hycom, voor zover thans

getraceerd de enig beschikbare) kosten ca. NLG 9.000,-- per stuk, ofwel in totaal NLG 378.000,--. De meerkosten ten opzichte van de 280 bar drukregelventielen zijn $42 \cdot (9000 - 3350) = \text{NLG } 237.000,--$. Dit weegt niet op tegen de besparing op de vizelhuur ($\text{NLG } 252.000 - 88.000 = \text{NLG } 164.000$).

Samenvattend moet worden gesteld dat de huuroptie van 84 enkelwerkende vizels met een werkdruk van 450 bar zowel functioneel als financieel (met name met betrekking tot de benodigde aansturing) niet erg interessant is.

4.2 Installeren van de vizels

Wordt meegenomen in de post manuren, verband houdend met het uitvoeren van de beproevingen.

4.3 Aansturing vizelgroepen

Hiervoor is benodigd:

- Meetcomputer PC
- DA-boards voor spanningsaansturing voor 56 drukregelventielen
- AD- boards voor meting van 56 spanningsuitgangen van de druksensoren of eventueel van 84 spanningsuitgangen van krachtopnemers voor de radiale vizels en 14 spanningsuitgangen van de druksensoren van de axiale vizels (totaal maximaal 98 kanalen).
- Meetsoftware
- programmeren van het aansturingssysteem
- uittesten

De kosten van de aansturing zijn gebaseerd op het HP VXI systeem C. Het VXI system werkt met 20 slots frames met daarin insteekkaarten voor de verschillende toepassingen.

Er zijn hier twee opties uitgewerkt waarbij wordt gestuurd op basis van 56 drukregelventielen en:

- meten en eventuele terugkoppeling op basis van 56 oliedrukopnemers;
- meten en eventuele terugkoppeling op basis van 84 krachtopnemers + 14 oliedrukopnemers voor de axiale vizels.

De inkoopkosten van het systeem bestaan uit:

- | | | |
|---------------------------------------|-----|-------------|
| • 56 druk regelventielen 280 bar | NLG | 208.000,-- |
| inclusief voedingen | | |
| • 1 computer | | 6.500,-- |
| • 19" racks | | 2.500,-- |
| • bekabeling | | 15.000,-- |
| • VXI-systeem (oliedrukopnemers) | | 70.000,-- |
| • VXI-systeem (meerkosten krachtopn.) | | (35.000,--) |

Voorts moet worden rekening gehouden met de volgende posten:

- | | |
|-----------------------------|-----------|
| • programmeren stuursysteem | 35.000,-- |
|-----------------------------|-----------|

totaal	NLG	337.000 (bij gebruik van oliedrukopnemers)
		372.000 (bij gebruik van krachtopnemers)

4.4 Aansturing opleggingen bij de nokken

Om de translaties en de rotaties van het systeem te belemmeren zijn 4 actief gestuurde (servo) systemen benodigd, waarbij de volgende oplegging wordt gerealiseerd (zie schema). Voor deze vier vijzels is een aparte of zwaardere hydrauliekpomp nodig.

Hiervoor zijn benodigd:

• 4 vijzels 1000 kN inkoop	NLG	40.000,--
• 3 stuursystemen MTS à 25.000,--		75.000,--
• 3 servokleppen à 15.000,--		45.000,--
• 3 manifolds à 15.000,--		45.000,--
• 4 krachtopnemers 1000 kN		10.000,--
Totaal	NLG	245.000,--

4.5 Levertijden

De levertijden van de hier omschreven in te kopen goederen en uit te besteden diensten liggen alle binnen 12 weken.

5. FUNCTIONELE BESCHRIJVING VAN MEETAPPARATUUR EN DATA-ACQUISTIE

De functionele beschrijving van de meetapparatuur is afhankelijk van het scenario, dat bij de uitwerking van de proef wordt gekozen. De indeling uit hoofdstuk 3 wordt hier aangehouden.

5.1 Sensoren

A. Basisvoorziening:

- globale verplaatsingen: verplaatsingsopnemers, slag 50 mm, 15 kanalen, elk met 10 m kabel.
- voegverplaatsingen: verplaatsingsopnemers slag 10 mm, $96 + 128 = 224$ kanalen, elk met 10 m kabel.
- 4 statieven voor de bevestiging van de globale verplaatsingsopnemers (5 m hoog, grondopstelling)
- 224 basisplaten en bevestigingsnokken voor voegverplaatsingsopnemers
- 448 ankers, in te boren.
- opstellen van 4 statieven en afregelen van de verplaatsingsopnemers
- bevestigen van 224 basisplaten en nokken en instellen van de verplaatsingsopnemers
- verbinden met data-acquisitie-units

B1. Alle overige verplaatsingsmetingen door middel van verplaatsingsopnemers.

- inkoop van verplaatsingsopnemers slag 50 mm, 84 kanalen, elk met 10 m kabel.
- inkoop van verplaatsingsopnemers slag 10 mm, $48 + 128 = 176$ kanalen, elk met 10 m kabel
- ontwerp en fabricage van 308 basisplaten en bevestigingsnokken voor voegverplaatsingsopnemers
- 616 ankers, in te boren; bevestigen van 308 basisplaten en nokken en instellen van de verplaatsingsopnemers
- verbinden met data-acquisitie-units
- uittesten

B2. Alle overige verplaatsingsmetingen door middel van contactloos systeem.

- inkoop van 6 laser-triangulatie sensoren
- ontwerp van een rotatie-statief
- positie-indicatie
- aansturing van de positie van het statief.
- fabricage van een rotatie statief
- installeren van statief, afstellen en bevestigen laser-triangulatiesensoren
- uittesten

C1. Alle vervormingsmetingen door middel van verplaatsingsopnemers.

- inkoop van verplaatsingsopnemers slag 10 mm, aantal optioneel (geschat ca. 300 stuks), elk met 10 m kabel.

- ontwerp en fabricage van 300 basisplaten en bevestigingsnokken voor voegverplaatsingsopnemers
 - 600 ankers, in te boren, bevestigen van 300 basisplaten en nokken en instellen van de verplaatsingsopnemers
 - verbinden met data-acquisitie-units
 - uittesten
- C2 Alle vervormingsmetingen door middel van rekstroken (rozetten).*
- aanmaak van rozetten op stalen basisplaat, 300 stuks met 10 m bekabeling (bandkabel)
 - bevestiging van rozetten op tunnelconstructie
 - verbinden met data-acquisitie-units
 - uittesten
- C3 Een beperkt aantal vervormingsmetingen door middel van rekstroken (rozetten).*
- aanmaak van rozetten op stalen basisplaat, 100 stuks met 10 m bekabeling (bandkabel)
 - bevestiging van rozetten op tunnelconstructie
 - verbinden met data-acquisitie-units
 - uittesten
- D1 Interne krachtswerking door middel van snaarrekopnemers*
- inkoop snaarrekopnemers, ca. 10 a 12 per segment, aantal optioneel, geschat ca. 30 stuks (frequentie en temperatuur)
 - aanschaf klemmenkast en wartels.
 - inbouwen in tunnelsegment op locatie
 - verbinden met data-acquisitie-systeem
- E1 Externe kracht door middel van krachtopnemers*
- krachtopnemers voor elke radiale vijzel, totaal 84 stuks (dc/dc) met 10 m kabel.
 - aansluiten op data-acquisitie-systeem
 - uittesten.

5.2 Installeren van de sensoren

Wordt meegenomen in de post manuren, verband houdend met het uitvoeren van de beproevingen.

5.3 Data-acquisitie

Onderstaand is een begroting gegeven van de kosten die gemoeid gaan met de data-acquisitie. Op basis hiervan is aan het eind van deze paragraaf een optimale variant gedefinieerd.

Data-acquisitie scenario's 1 tot en met 6

- 1 PC met aansturing van:

- data-logging voor 224 kanalen verplaatsingsopnemers volgens onderdeel A
- data-logging voor 308 kanalen verplaatsingsopnemers volgens onderdeel B1 (optie)
- data-logging voor 300 kanalen verplaatsingsopnemers volgens onderdeel C1 (optie)
- data-logging voor 900 kanalen rekstroken 1/4 brug volgens onderdeel C2 (optie)
- data-logging voor 300 kanalen rekstroken 1/4 brug volgens onderdeel C3 (optie)
- data-logging voor 84 kanalen krachtopnemers dc/dc volgens onderdeel E1 (optie)
- Meetsoftware
- programmeren meetcyclus voor dit systeem
- synchronisatie met andere systemen
- uittesten.

Data-acquisitie onderdeel D1

- 1 PC en dataloggingsysteem voor uitlezen snaarrekopnemers (eventueel ter beschikking te stellen door COB)
- bekabeling (eventueel ter beschikking te stellen door COB)
- programmeren meetcyclus voor dit systeem
- synchronisatie met andere systemen
- uittesten.

Data-acquisitie onderdeel B2

- 1 PC en data-acquisitie voor lasersensoren en voor positiebepaling; aansturing rotatie.
- Meetsoftware
- programmeren meetcyclus voor dit systeem
- synchronisatie met andere systemen
- uittesten.

De kosten van de verschillende scenario's zijn hieronder gegeven. De prijzen zijn gebaseerd op het HP VXI systeem B. Het VXI system werk met 20 slots frames met daar in insteekkaarten voor de verschillende toepassingen. Het toepassen van het B system omvat nogal wat frames bijvoorbeeld per rekstrook frame kunnen 128 rekstroken aangesloten worden. Een DC input frame heeft maximaal 512 kanalen. De prijzen van het VXI system type C ontlopen elkaar niet veel maar het is nauwkeuriger dan het B system, namelijk 16 Bit ipv 14 Bit. Met dit system zijn er minder main frames nodig namelijk maar 1 voor het meetsysteem. De DC input kaart heeft 256 kanalen. Wel is er per 32 rekstroken een signal conditioner nodig.

Kostenoverzicht van de verschillende scenario's

Scenario	Aantal kanalen	inkoop kosten sensoren	inkoop kosten data-acquisitie	engineering, uitbesteding	vaste kosten	totaal
1	799	290.000	90.000	10.000	100.000	490.000
2	1099	310.000	230.000	10.000	100.000	650.000
3	1399	250.000	450.000	10.000	100.000	810.000
4	547	205.000	75.000	60.000	100.000	440.000
5	847	220.000	200.000	60.000	100.000	580.000
6	1447	165.000	420.000	60.000	100.000	745.000

7-1	799+30	300.000	105.000	40.000	100.000	545.000
7-6	1447+30	175.000	435.000	90.000	100.000	800.000*
8-1	799+84	620.000	190.000	10.000	100.000	920.000
8-6	1447+84	640.000	515.000	60.000	100.000	1315.000*

*) In dit geval valt een bedrag NLG 30.000,-- voor 42 oliedrukopnemers vrij.

Onder engineering/uitbesteding zijn begrepen:

- ontwerp en inkoop bevestigingsmiddelen voor verplaatsingsopnemers (NLG 10.000)
- ontwerp en inkoop statief en aansturing laser-triangulatie-systeem (NLG 50.000)
- inbouwen snaarrekopnemers in segmenten en wijzigen data-acquisitie (NLG 30.000)

Onder de vaste kosten zijn verstaan:

2	computers	NLG	13.000,--
div.	bekabeling		15.000,--
div.	aansluitkasten		5.000,--
div.	19" racks		7.000,--
	programmeren data-acquisitie-systeem		35.000,--
	uittesten		25.000,--
	totaal	NLG	100.000,--

5.4 Optimale variant

Uit de kostenbegroting is gebleken dat met name de scenario's 1-3 ongunstig uitpakken ten opzichte van 4-6. Dit komt doordat de lasertriangulatie-sensoren een groot aantal verplaatsingsopnemers overbodig maken. Voorts is gebleken dat de grote aantallen rekstrookopnemers de data-acquisitie duur maken. Een beperking van het aantal hiervan is derhalve gewenst.

De combinatie met snaarrekopnemers in de segmenten leidt tot een beperkte toename van de kosten (NLG 30.000,--).

Tenslotte verdient het naar onze mening de voorkeur om de proefopstelling niet integraal met krachtopnemers te voorzien, maar ten minste voor 21 van de radiale vjzels krachtopnemers toe te passen. De meerkosten hiervan, aanschaf en data-acquisitie bedragen ca. NLG 100.000,--.

Concluderend zou een variant 5+ de voorkeur verdienen. De totale kosten zijn hiervan:

- basisscenario 5 NLG 580.000,--
- 30 snaarrekopnemers 30.000,--
- 21 krachtopnemers 100.000,--
- totaal NLG 710.000,--

6. TECHNISCHE SPECIFICATIES VOOR UITBESTEDINGEN VOOR BEPROEVINGS- EN MEETAPPARATUUR

6.1 Inkoop en uitbestedingen met betrekking tot vijzels en aansturing:

De volgende zaken dienen te worden ingekocht:

- 84 vijzels dubbelwerkend, 850 kN, 280 bar inclusief eindstukken
- 56 drukregelventielen 280 bar, fabrikaat Bosch type B811102208 en toebehoren.
- 56 oliedrukopnemers of: 14 oliedrukopnemers fabrikaat ATM en 84 krachtopnemers fabrikaat Peekel type V100
- 1 hydrauliekaggregaat
- 28 platte vijzels of 14 plunjervijzels 5 MN, 280 bar
- 4 vijzels dubbelwerkend, 1 MN, 280 bar
- 3 stuursystemen, fabrikaat MTS
- 3 servokleppen, fabrikaat MOOG
- 3 manifolds
- 4 krachtopnemers 1000 kN, fabrikaat Peekel
- Voeding voor de drukregelkleppen
- De volgende modules voor het HP VXi-C systeem:

13 slots main frame E1401B 1

Multiplexer E8460A 1

Multimeter 1410A 1

Command Module E8491A 1

DA board E1418A001 4

- 1 Meetcomputer

De volgende zaken dienen te worden uitbesteed:

- Aanleg hydrauliekleidingen en voorzieningen
- Aanleg bekabeling tussen drukregelventielen, oliedrukopnemers en krachtopnemers en stuursysteem

6.2 Inkoop en uitbestedingen met betrekking tot data-acquisitie

De volgende zaken moeten worden ingekocht

A. Basisvoorziening:

- globale verplaatsingen: verplaatsingsopnemers dc/dc, slag 50 mm, 15 kanalen, elk met 10 m kabel, fabrikaat Monitran type MTN/E25/50
- voegverplaatsingen: verplaatsingsopnemers dc/dc slag 10 mm, $96 + 128 = 224$ kanalen, elk met 10 m kabel, fabrikaat Monitran type MTN/E05/10

- 4 statieven voor de bevestiging van de globale verplaatsingsopnemers (5 m hoog, grondopstelling)
- 224 basisplaten en bevestigingsnokken voor voegverplaatsingsopnemers
- 448 ankers, in te boren.
-

B2 Alle overige verplaatsingsmetingen door middel van contactloos systeem.

- inkoop van 6 laser-triangulatie sensoren, fabrikaat MEL, type M51/100

C1 Alle vervormingsmetingen door middel van verplaatsingsopnemers.

- inkoop van verplaatsingsopnemers slag 10 mm, aantal optioneel (geschat ca. 300 stuks), elk met 10 m kabel, fabrikaat Monitran type MTN/E05/10
- ontwerp en fabricage van 300 basisplaten en bevestigingsnokken voor voegverplaatsingsopnemers

C3 Een beperkt aantal vervormingsmetingen door middel van rekstroken (rozetten).

- aanmaak van rozetten op stalen basisplaat, type TML PLR-60-11, 100 stuks met 10 m bekabeling (bandkabel)

D1 Interne krachtswerking door middel van snaarrekopnemers

- inkoop snaarrekopnemers fabrikaat Geokon type 4850-2, ca. 10 a 12 per segment, aantal optioneel, geschat ca. 30 stuks (frequentie en temperatuur)
- aanschaf klemmenkast en wartels.

E1 Externe kracht door middel van krachtopnemers

- krachtopnemers voor elke radiale vijzel, totaal 84 stuks (dc/dc) met 10 m kabel.
- aansluiten op data-acquisitie-systeem
- uittesten.

Data-acquisitie gebaseerd op HP VXI-C systeem, te weten de volgende modules:

- | | |
|------------------------------|----|
| • strain-conditioners E1529A | 10 |
| • power supplies 6641A | 2 |
| • strain bridge scp E1539 | 5 |
| • VXI card E1422A | 1 |
| • 13 slots main frame E8400A | 1 |
| • Multiplexer E8460A | 2 |
| • Multimeter 1410A | 1 |
| • Command Module E8491A | 1 |

2 Meetcomputers (voor verplaatsingsopnemers/rekopnemers, voor laser-opstelling, voor snaarrekopnemers is uitgegaan van gebruik COB faciliteiten)

De volgende zaken moeten worden uitbesteed met betrekking tot de data-acquisitie:

A

- opstellen van 4 statieven en afregelen van de verplaatsingsopnemers
- bevestigen van 224 basisplaten en nokken en instellen van de verplaatsingsopnemers
- verbinden met data-acquisitie-units

B2

- ontwerp van een rotatie-statief inclusief positie-indicatie
- aansturing van de rotatie van het statief.
- fabricage van het statief
- installeren van statief, afstellen en bevestigen laser-triangulatiesensoren
- uittesten

C1

- 600 ankers, in te boren, bevestigen van 300 basisplaten en nokken en instellen van de verplaatsingsopnemers
- verbinden met data-acquisitie-units
- uittesten

C2

- bevestiging van rozetten op tunnelconstructie
- verbinden met data-acquisitie-units
- uittesten

D1

- inbouwen in tunnelsegment op locatie
- verbinden met data-acquisitie-systeem

6.3 Levertijden

De levertijden van de in te kopen meetinstrumenten en uit te besteden werkzaamheden liggen alle binnen 12 weken.

6.4 Geschatte kosten inkoop en uitbestedingen

Uitgaande van inzet 56 oliedrukopnemers en 21 krachtopnemers:

- Aankoop en uitbestedingen vizels en toebehoren, par. 4.1: NLG 441.000,--
- Aankoop en uitbestedingen aansturing, par. 4.3: 337.000,--
- Aankoop voorzieningen voor oplegging proefstuk, par. 4.4: 245.000,--
- Aankoop en uitbestedingen mbt data-acquisitie, par. 5.4: 710.000,--

Totaal

NLG 1.733.000,--

7. OVERIGE ACTIVITEITEN EN WERKZAAMHEDEN IN STEVIN II

7.1 Voorbereiding en opbouw

Vanaf de aanvang van de opbouwwerkzaamheden door de leverancier van de beproevingsconstructie is 1 persoon dagelijks voor begeleiding aanwezig. Deze inzet loopt van 1 juni 1999 tot 30 september 1999 (totaal 90 mensdagen).

Voor het installeren van de radiale vizels is gerekend op een inzet van 9 mensweken en een doorloop van 3 weken.(45 mensdagen)

Voor het installeren van de axiale vizels is gerekend op een inzet van 6 mensweken en een doorloop van 2 weken (30 mensdagen).

Voor het installeren van de sensoren is gerekend op een inzet van 9 mensweken en een doorloop van 3 weken (45 mensdagen)

Voor het installeren van de opleggingen is gerekend op een inzet van 4 mensweken en een doorloop van 2 weken (20 mensdagen)

Voor het opbouwen van de stuursystemen en data-acquisitie-systemen is gerekend op een inzet van 4 mensweken en een doorloop van 2 weken (20 mensdagen)

totaal 250 mensdagen a NLG 1200,-- = NLG 300.000,--

Detail-engineering

30 mensdagen a NLG 1750 NLG 52.5000,--

totaal NLG 352.500,--

7.2 Uitvoeren van de proeven

Doorloop 4 weken, inzet 5 personen, 100 mensdagen.

totaal 100 mensdagen a NLG 1750,-- = NLG 175.000,--

7.3 Verwijderen vizels, sensoren etc.

Voor het verwijderen van de radiale vizels is gerekend op een inzet van 2 mensweken en een doorloop van 1 weken.(10 mensdagen)

Voor het verwijderen van de axiale vijzels is gerekend op een inzet van 2 mensweken en een doorloop van 1 week (10 mensdagen).

Voor het installeren van de sensoren en bekabeling is gerekend op een inzet van 4 mensweken en een doorloop van 2 weken (20 mensdagen)

totaal 40 mensdagen a NLG 1200,-- = NLG 48.000,--

7.4 Projectmanagement

30 mensdagen a NLG 2000,-- NLG 60.000,--

7.5 Huur Stevinlab

Huur periode april-december 1999 NLG 100.000,--

7.6 Overige werkzaamheden

In de hier beschreven specificatie zijn niet inbegrepen:

- Fabricage, transport, opbouwen, afbreken en afvoeren van de reactiewand
- Fabricage, transport, opbouwen, afbreken en afvoeren van het proefstuk

7.7 Onvoorziene werkzaamheden

Geadviseerd wordt voor onvoorziene werkzaamheden een bedrag ad NLG 100.000,-- te reserveren.

7.8 Totalen overige activiteiten

Vorbereiding en opbouw	NLG 353.500,--
Uitvoeren van de proeven	NLG 175.000,--
Afbouw	NLG 48.000,--
Projectmanagement	NLG 60.000,--
Huur Stevinlab	NLG 100.000,--
Onvoorzien	NLG 100.000,--
Totaal	NLG 836.500,--

8. KOSTENOVERZICHT EN BUDGET

In onderstaande tabel zijn de gespecificeerde kosten samengevat en vergeleken met de raming van de minimale variant uit de haalbaarheidstudie (TNO rapport 98-CON-R1269 d.d. 2 december 1998).

item	haalbaarheidstudie (min.var.)	huidige specificatie
vijzels en toebehoren	320.000	441.000
aansturing vijzels	130.000	337.000
oplegging proefstuk	-	245.000
data-acquisitie	450.000	710.000
voorbereiding en opbouw	700.000	353.500
uitvoering proeven		175.000
afbouw proeven		48.000
projectmanagement		60.000
huur laboratoriumruimte	100.000	100.000
onvoorzien	170.000	100.000
totaal	1870.000	2.569.500

9. PARTIJEN VOOR LEVERINGEN EN UIT TE BESTEDEN WERK

De meest gereden partijen voor het leveren van de vijzel, hydrauliek, aansturing, data-acquisitie-apparatuur zijn als volgt:

Vijzels, hydrauliek, drukregelventielen:

Marofra b.v., Melkwegstraat 21, 2516 AJ Den Haag, 070 -381 84 84

Snaarrekopnemers en bijbehorende data-acquisitie-apparatuur

Koenders Instruments bv, Postbus 4016, 1200 LA Hilversum, 035-623600

Aanstuursystemen (MTS)

J.J. Bos, Staringlaan 21.03, 2741 GC Waddinxveen, 0182-619333

Manifolds

Parker Hannifin, Edisonstraat 1, 7575 AT Oldenzaal, 0541 585300

Krachtopnemers

Peekel Instruments bv, Industrieweg 161, 3044 AS Rotterdam,

Druksensoren, lasersensoren, verplaatsingsopnemers

AE Sensors, Jan Valsterweg 92, 3315 LG Dordrecht, 078- 6213152

Rekstroken

Feteris, Scheveningsweg 15, 2517 KS Den Haag

Data-acquisitie-systeem

HP Nederland BV, Startbaan 16, 1180 AR Amstelveen

Hulpstukken voor bevestiging verplaatsingsopnemers

Nieuwstraten Metaalbewerking BV, Rijsenburgerweg 27, 2685 EA Poeldijk, 0174-248783

Werkzaamheden in de laboratoria, zoals omschreven in hoofdstuk 7

TNO Bouw, Postbus 49, 2600 AA Delft, 015-284 20 65

TU Delft, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, Stevinweg 1, 2600 GA Delft

Opmerking: TNO is beschikbaar om voor alle bovengenoemde werkzaamheden als hoofdaannemer op te treden.

10. RISICO-ANALYSE

De hiervoor bedoelde werkzaamheden, uitbestedingen en aanschaffingen bevatten risico's, die de functionaliteit van de proefopstelling, de planning en/of de kosten kunnen beïnvloeden. Onderstaand zijn deze risico's geïnvventariseerd.

Levertijden:

Uit de verkenning van leveranciers is gebleken dat alle uit te besteden diensten en aanschaffingen binnen een termijn van 12 weken na opdrachtverlening kunnen worden gerealiseerd.

Kosten:

Nog niet van alle potentiële leveranciers zijn offertes ontvangen. In gevallen waar geen offerte beschikbaar is, is gebruik gemaakt van prijzen uit de catalogi. Verwacht wordt, gelet op de grote aantallen apparatuur, dat de offertes iets gunstiger kunnen uitpakken dan de hier gehanteerde prijzen.

Functionaliteiten

Uit een inventarisatie van de te realiseren functionaliteiten komen op dit moment drie risico's naar voren.

Aansturing van de laser-triangulatie-sensoren op een statief. Dit systeem dient nog ontworpen, gebouwd en getest te worden. Over het concept van de aansturing wordt op dit moment nog gesproken met een mogelijke leverancier. Verwacht wordt dat dit binnen twee weken kan worden afgerond met een gedetailleerd voorstel. Financiële risico's worden niet verwacht.

Aansturing van de vijzels door middel van drukregelventielen. De oliedrukken worden gestuurd via zgn. drukregelventielen. Dit zijn regelsystemen, die een opgegeven oliedruk zoveel mogelijk in stand zullen houden. De regelsystemen zijn hiertoe uitgerust met een elektronische terugkoppeling. De drukregelventielen en de bijbehorende elektronica worden bij de onderhavige proef geplaatst in een zodanige configuratie, dat verstoringen in één vijzel zouden kunnen leiden tot een niet stabiele regelcyclus van de overige vijzels. In welke mate dit een probleem zal vormen, valt op dit moment niet te overzien. Voor dit functionele probleem bestaan twee oplossingen:

1. overstappen op aanvullend verplaatsingen meten per vijzel en gedeeltelijk overgaan op het vasthouden van de gerealiseerde verplaatsing in vijzelgroepen, indien de krachten in andere vijzelgroepen worden bijgesteld. Deze optie heeft naar verwachting kostenconsequenties.
2. de aansturing van de vijzels softwarematig zodanig regelen, dat beperkte aantallen vijzelgroepen tegelijk worden aangestuurd, om daarmee de kans op het ontstaan van instabiliteiten te voorkomen. In de voorbereidingsfase van de proeven zal dit nader worden uitgezocht, aan de hand van enkele proeven met de betrokken drukregelventielen.

In de huidige specificatie is voorzien dat gewerkt zal worden met platte vijzels om de axiale krachten op het proefstuk over te dragen. De feasibility van deze oplossing wordt de komende week in het Stevin-laboratorium uitgezocht. Indien deze vijzels onverhoopt niet bruikbaar zijn, zal voor duurdere plunjervijzels gekozen moeten worden. De meerkosten hiervan zijn circa NLG 91.000,--.

11. PLANNING