

Projectorganisatie A2
Tav: de heer J. Maas/ B. de Graaff
Postbus 1992
6201 BZ Maastricht

Ons kenmerk: 04004.2.002
Status: versie 27 april 2004
Uw kenmerk: -
Datum: 27 april 2004
Contactpersoon: Ir. B. A. M. Keulen
E-mail: Birgitte.Keulen@horvat.nl
Tel.: 010-2810334

Onderwerp: Second opinion overwegingen voor het boren van de Tunnel Traverse A2 Maastricht

Geachte heren Maas en de Graaff,

Met verwijzing naar onze offerte¹ voor het opstellen van een notitie inz. second opinion overwe-
gingen voor het boren van de Tunnel Traverse A2 Maastricht (ref. 04004.2.001v2, d.d. 10 maart 2004,
definitief) ontvangt u hierbij het resultaat.

1. INLEIDING

Vanuit de Raad/Raadscommissie van de gemeente Maastricht is aan de Projectorganisatie A2
Traverse Maastricht de vraag gesteld om op korte termijn inzicht te krijgen inzake de overwe-
gingen voor het wel of niet aanleggen van de tunnel door middel van boren. De Projectorganisa-
tie A2 Traverse Maastricht heeft, op aanraden van het Centrum Ondergronds Bouwen, deze
vraag voorgelegd aan Horvat & Partners.

Bij de overwegingen voor het wel of niet aanleggen van de tunnel door middel van boren is door
Horvat & Partners mede aandacht besteed aan eerder beschouwingen ten aanzien van boor-
tunnels en met name aan de variant ontwikkeld door het Ingenieursbureau Witteveen & Bos.
Deze variant bestaat een boortunnel met uit een "grote buis" (diameter 17,5 meter) met gesta-
pelde rijdekken.

In bijlage 1 is de verantwoording en werkwijze van Horvat & Partners opgenomen. In deze bijla-
ge is eveneens een overzicht opgenomen van hoe Horvat & Partners geleverd commentaar op
eerdere versies van het onderhavige rapport heeft verwerkt.

*Algemeen geldt dat de bijlagen relevante aanvullende informatie bevatten, die echter om rede-
nen van leesbaarheid niet in de hoofdtekst is opgenomen.*

¹ Voor de volledigheid willen wij opmerken dat aan Horvat & Partners niet kostenramingen met betrekking tot de boor-
tunnelvarianten ter beschikking zijn gesteld en dat beoordeling van de kosten voor de boortunnelvarianten geen onder-
deel uitmaakte van de opdracht.



2. KENMERKEN EN OVERWEGINGEN²

Onderstaand zijn de overwegingen weergegeven die hebben geleid tot het oordeel van Horvat & Partners zoals beschreven in de conclusies van deze notitie (zie paragraaf 3). Voor de geïnteresseerde lezer zijn in **bijlage 2** meer algemene kenmerken van boortunnels en het aanleggen van boortunnels opgenomen. Deze bijlage 2 kan als achtergrond van onderstaande overwegingen worden beschouwd.

2.1. Kenmerken Traverse A2 Maastricht project – problematiek

1. Verkeerskundige kenmerken Traverse A2 Maastricht project

Het verkeer op de A2 traverse heeft voor een groot deel zijn herkomst en bestemming in de regio Maastricht. Aansluiting op knooppunt de Geusselt (incl. Viaductweg) en knooppunt Europaplein wordt als zeer wenselijk, zo niet essentieel geacht.

2. Omgevingskenmerken Traverse A2 Maastricht project

De Traverse A2 doorkruist Maastricht Oost en vormt daarmee een barrière in de stad. De beschikbare ruimte om te bouwen in de Traverse is zeer beperkt. De hinder tijdens het realiseren van een (conventionele) tunnel in de Traverse zal groot zijn³, zowel voor het autoverkeer, het wijkgebonden verkeer als voor de omwonenden.

3. Kenmerken van de ondergrond van het Traverse A2 Maastricht project

De ondergrond van de Traverse A2 doorsnijdt oude takken van de Maas. Dit heeft mede als gevolg gehad dat de grondopbouw varieert in alle drie de richtingen.

Op hoofdlijnen kan gesteld worden dat de (geologische en geohydrologische) kenmerken van de grond als volgt zijn:

- een relatief dunne deklaag met daaronder een leemlaag (gemiddeld 3m, variërend van 2 tot plaatselijk zelfs 15m).
- daaronder liggen grindlagen die sterk variëren van zandig tot zeer grofgrindig. Hierin kunnen tevens lokaal stenen (met een diameter tot circa één meter) worden aangetroffen. Daarnaast bestaat de mogelijkheid dat de dieper gelegen grindlagen verkit zijn, waardoor "steenlagen" zijn ontstaan. Het grind is zeer waterdoorlatend en het grondwater stroomt relatief hard. De grindlagen kunnen hierdoor als ondergrondse rivieren worden beschouwd.
- in de diepere bodemlagen (beginnend op een gemiddelde diepte van circa 13 meter onder het maaiveld) bevindt zich mergel. In de bovenste 10 meter van het mergel zitten vaak verstoringen (watervoerende scheuren en orgelpijpen). Verwacht wordt dat de dieper gelegen mergel relatief homogeen en nauwelijks watervoerend is.

² Horvat & Partners is tevens gevraagd een second opinion op te stellen aangaande de huidige conventionele tunnelplannen voor Traverse A2 Maastricht. In het rapport dat in het kader van deze opdracht opgesteld wordt, zal meer uitvoerig ingegaan worden op enkele specifieke kenmerken van het A2 traverse Maastricht project. Voor meer achtergrondinformatie wordt dan ook naar dit rapport verwezen (ref: 04004.1.002)

³ De mate van hinder is uiteraard afhankelijk van het gekozen uitvoeringsmethode (open sleuf, boortunnel, wanden dak, etc).



2.2. Overwegingen voor de mogelijke aanleg van een boortunnel

4. Diepteligging van de boortunnel

Een boortunnel heeft vanwege het gevaar van openbarsten van de bodem tijdens het boren een behoorlijke gronddekking nodig. Hoe dieper echter de boortunnel wordt aangelegd, hoe dieper en langer (en dus duurder) de toeritten moeten worden.

- Vanuit verkeerstechnische overwegingen (m.n. de aansluitingen naar de tunnel vanaf de Viaductweg en Europaplein) is het aantrekkelijk om de tunnel **zo ondiep mogelijk**⁴ aan te leggen. Dit resulteert in boren geheel of gedeeltelijk in het grind. Boren in grind is door het zeer loskorrelig zijn van het materiaal risicovol. De risico's worden verder vergroot door het relatief hard stromen van het grondwater (verlies boorvloeistof) en de mogelijke aanwezigheid van grote stenen (stagnatie).

Daarnaast is het niet onwaarschijnlijk dat het boortracé gedeeltelijk ook door de mergel zal lopen. Grind en mergel stellen zeer verschillende eisen aan de in te zetten tunnel-boormachine die moeilijk te verenigen zijn. Laagscheidingen in de grond met sterk verschillende eigenschappen vormen een zeer groot risico voor het boorproces.

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat zelfs bij een ondiepe ligging van de boortunnel, deze dieper ligt dan een conventionele tunnel en dat dus langere toeritten nodig zijn.

- Vanuit het boorproces redenerend zou **boren in de mergel** wenselijk zijn. Mergel is relatief zacht en (waarschijnlijk wat de diepere liggende gedeelten betreft) beperkt waterdoorlatend. Dit betekent dat de tunnel vrij diep dient te worden aangelegd, hetgeen diepere startschachten en dus langere en kostbaardere toeritten tot gevolg heeft. Het maken van de diepe startschachten in het grofkorrelige grind met lokaal grote stenen en verkitte grindlagen is lastig en zal derhalve ook de kosten en risico's verhogen.

5. Hinder

Het uitvoeren van de Traverse A2 Maastricht project door middel van een geboorde tunnel heeft vanuit het perspectief hinder twee grote voordelen, te weten:

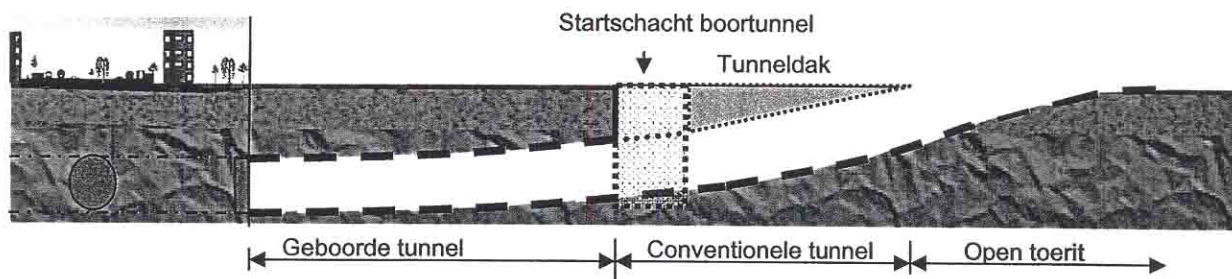
- De **bouwhinder** wordt beperkt
De bouwhinder blijft beperkt tot de locaties van de start- en ontvangtschacht (incl. toegen afritten) van de boortunnel. Deze kunnen buiten het "smalle" deel van de traverse gesitueerd worden (geen sloop van bebouwing).
- De nadelige **gevolgen** in bouw- en gebruiksfase voor de **geohydrologie** wordt beperkt.
Indien de boortunnel in de mergel wordt aangebracht blijft (tussen de Geusselt en Europaplein) het grindpakket boven de tunnel beschikbaar als watervoerende laag.
De blokkade van de grondwaterstroming in de grindlaag wordt verlegd van het midden-deel van de tunnel naar beide tunneltoeritten. Dit geldt zowel tijdens de bouw- en gebruiksfase.

⁴ Ongeveer een keer de boortunneldiameter onder het maaiveld (zie ook punt 1 van bijlage 2)

6. Inpassing: start- en ontvangtschachten en toeritten

Hierbij spelen de volgende overwegingen een rol:

- Ter plaatse van de startschacht is wel bouwhinder (o.a. maken van de schacht, aan- en afvoer van materiaal en materieel – met andere woorden hier wordt een "boorfabriek" gebouwd). Het is niet wenselijk dat dit plaatsvindt ter plaatse van de Traverse, vanwege de beperkte ruimte.
- De diepte en locatie van de start- en ontvangtschacht bepalen de ligging en lengte van de toeritten en daarmee de aansluiting op de toeleidende wegen. Ter illustratie zie figuur hieronder.
- Daarnaast dient tijdens de aanleg van de start- en ontvangtschachten (en de toeritten) het verkeer door te blijven kunnen gaan.



Figuur 1: Onderdelen boortunnel: open toerit, conventionele tunnel (gesloten toerit), startschacht (onderdeel gesloten toerit) en geboorde tunnel

7. Aansluitingen op de boortunnel – verkeerstechnische inpassing

Redenerend vanuit de functionaliteit van de verkeersverbinding is een goede aansluiting van de tunnel ter plaatse van knooppunt de Geusselt en knooppunt Europaplein noodzakelijk⁵. Door de hiervoor genoemde locatie van de toeritten/schachten buiten de Traverse is het niet goed mogelijk een wegstelsel aan te leggen dat past bij de wensen voor hetgeen door de tunnel moet gaan rijden.

De aansluiting van de viaductweg (verkeer van en naar de Noorderbrug) op de tunnelmond ten noorden van knooppunt de Geusselt is verkeerskundig ingewikkeld en kostbaar, zo niet onmogelijk terwijl aan de zuidkant van Maastricht het verkeer in de tunnel voorbij het Europaplein weer bovengronds komt. Voor bestemmingsverkeer kan dit grote consequenties hebben. De boortunnel zal daarmee een deel van het (lokale) verkeer dat nu de traverse gebruikt niet kunnen opvangen. Een groot deel van het lokale bestemmingsverkeer en al het gevaarlijke stoffenvervoer⁶ zal bovengronds blijven rijden op de Traverse. Dit is een aanzienlijke verkeersstroom.

8. Kosten

Het traject waarover een boortunneltracé zou moeten lopen is relatief kort, hetgeen kosten-technisch over het algemeen zeer ongunstig is, mede doordat een groot aandeel van de kosten dan wordt bepaald door de te maken toeritten/startschachten en de investering van een (kostbare) tunnelboormachine.

⁵ Aansluitingen op de boortunnel elders in het tracé zijn vrijwel onmogelijk. De mogelijkheid om in- en uit te voegen op het tunneltracé zoals nu bij de Scharnierweg zal dus komen te vervallen.

⁶ Opgemerkt wordt dat ook bij de variant die ontwikkeld is door Aveco-de Bondt het gevaarlijke stoffenvervoer bovengronds zal blijven plaatsvinden.

2.3. Twee enkele buizen met dwarsverbindingen versus "grote" buis

Het Ingenieursbureau Witteveen & Bos⁷ heeft een haalbaarheidsstudie verricht naar het uitvoeren van het A2 Maastricht project als boortunnel met een "grote buis" en gestapelde rijdekken. Een meer standaard oplossing voor een boortunnel is een uitvoering met twee enkele buizen vergelijkbaar met bijvoorbeeld de Westerscheldetunnel. In enkele korte schetsen heeft de Bouwdienst Rijkswaterstaat ter verkenning van de mogelijkheden gekeken naar een dergelijke boortunnel.

Horvat & Partners is voor de vergelijking (alleen op hoofdlijnen uitgewerkt) van mogelijkheden uitgegaan van deze twee uitwerkingen. De onderstaande vergelijking betreft derhalve een korte vergelijking op enkele kenmerkende punten. Omdat dit een specifieke afweging betreft is steeds weergegeven wat het oordeel / de mening van Horvat & Partners op de genoemde punten is.

Boortunnel met twee buizen:	Grote diameter boortunnel (Witteveen & Bos):	Opmerkingen Horvat & Partners:
<i>Diepteligging tunnel (toe- en afritten)</i> - De tunnel wordt aangelegd in de mergellaag (maar ondieper dan in de W&B uitwerking). - Te boren tracé circa 2400m en toe/ en afritten van circa 860m.	- De tunnel wordt aangelegd in de mergellaag (maar dieper dan de twee buizen uitwerking). - Te boren tracé 1400m en totale lengte circa 3000m (toe/ en afritten dus circa 800m).	- Onderschrijft de keuze voor boren in mergel. Voor beide uitwerkingen geldt dat (zeer) diepe start en ontvangtschachten (incl. lange toe- en afritten) gebouwd dienen te worden. Bij verdere detaillering van de plannen dient een kosten- en risico-optimalisatie te worden uitgevoerd om de diepteligging en de lengte van de toeritten te bepalen.
<i>Dwarsprofiel tunnel</i> - Gekozen wordt voor twee buizen met een externe diameter van 14.25m, waarbij in iedere tunnelbuis twee rijstroken worden ondergebracht.	- Gekozen wordt voor een grote diameter buis (17,5m externe diameter) met gestapelde rijstroken. Per laag worden drie rijstroken aangebracht.	- H&P heeft geen principiële voorkeur voor een enkele of dubbele buis, maar vanuit het oogpunt van veiligheid (tijdens gebruik) is het niet wenselijk om de rijstroken te stapelen. Daarnaast lijkt de diameter van de Witteveen & Bos variant aan de krappe kant. - De diameter voorgesteld door Witteveen & Bos vereist een afmeting van een tunnel-boormachine, die nog niet eerder is toegepast. Dit betekent dat het risicoprofiel van het project toeneemt⁸.
<i>Tracé</i> - Het tracé loopt vanaf een punt ten noorden van het kruispunt de Geusselt tot 500m ten Zuiden van het Europaplein. - Het tracé volgt het huidige A2-tracé door Maastricht en gaat naar weten van Horvat & Partners niet onder percelen van derden door.	- Het tracé loopt vanaf een punt ten noorden van het kruispunt de Geusselt in één rechte lijn tot aan het Europaplein (onder volkswijk Wittevrouwen-veld door). Het huidige gebogen A2-tracé door Maastricht wordt dus niet gevolgd.	- Beide boortunnel uitwerkingen lossen niet alle verkeerskundige problemen op. Een (groot) deel van het verkeer zal bovengronds blijven. - Opgemerkt wordt dat indien het stratenpatroon gevolgd kan worden geen grondslag bestaat voor het onteigenen van de percelen op een ander tracé. Horvat & Partners acht het derhalve niet aannemelijk dat van het stratenpatroon afgeweken kan worden⁹.

⁷ Voor het beoordelen van de Witteveen & Bos variant is uitgegaan van enkele krantenartikelen en van de samenvatting en conclusies uit het afstudeerwerk van J. de Leeuw, A2 Traversetunnel Maastricht – Haalbaarheidsstudie naar een geboorde tunnel met gestapelde rijdekken.

⁸ Hetgeen verder versterkt wordt indien blijkt dat de diameter nog groter moet zijn.

⁹ Zie ook Bijlage 2, punt 5 voor een toelichting op dit aspect



Veiligheid

- De uitwerking voorziet in een langsvluchtgang met dwarsverbindingen om 500m.
- Gekozen is voor een Japans veiligheidsconcept. Dit voorziet in vluchtwegen in lengterichting van de tunnel. In geval van een calamiteit kunnen aanwezigen via glijbanen, die om de vijftig meter worden geplaatst, de onderliggende 'vluchttunnel' bereiken. Het systeem is in Tokyo toegepast.
- Verwacht wordt dat het "glijbanen" systeem in Nederland niet zonder veel weerstand als acceptabel zal worden ervaren.
- In de optie van Witteveen & Bos is niet duidelijk welke aanvalsroute de brandweer kan gebruiken. Aanvullende eisen op dit gebied (met name indien ze de diameter vergroten) zijn kostbaar. De afstand van 500m¹⁰ in de uitwerking met twee buizen kan leiden tot veiligheidsdiscussies indien dit resulteert in aanvullende dwarsverbindingen heeft dit grote kostenconsequenties.
- Ook hier geldt dat bij verdere detaillering van de plannen gekomen dient te worden tot een kosten- en risico-optimalisatie betreffende veiligheidsissues.

Tot slot (betreffende de variant ontwikkeld door Witteveen & Bos):

De oplossing voorgesteld door Witteveen & Bos lijkt op het eerste gezicht technisch uitvoerbaar, echter Horvat & Partners stelt vragen bij:

- de risico's bij de voorgestelde diameter (groter dan ooit toegepast),
- wenselijkheid van stapelen van rijstroken in een afgesloten ruimte in verband met veiligheid,
- het inzetten van glijbanen in het vluchtconcept,
- de mogelijkheid om een ander traject te kunnen volgen dan het huidige Traverse A2 Maas-tricht tracé, waarbij het volgen van het huidige stratenpatroon¹¹ leidt tot een grotere tunneldiameter vanwege de te hanteren boogstralen⁹.
- het kunnen toepassen van een dunnere lining in verband met een goede kwaliteit mergel (zoals voorgesteld door Witteveen & Bos) zal mede afhangen van de dikte van de lining, die nodig is voor het opnemen van de krachten tijdens de aanleg ten behoeve van de voortgang van de tunnelboormachine.

Witteveen & Bos stelt dat op basis van de haalbaarheidsanalyse dat hun alternatief niet duurder is dan de door hen beoordeelde conventioneel aangelegde tunnel (deze prijs ligt hoger dan de raming van Aveco de Bondt). De hiervoor gestelde punten zijn kosten verhogend waardoor de kans bestaat dat het alternatief bij nader onderzoek (veel) hoger uitvalt.

¹⁰ Bij de Westerscheldetunnel was initieel voorzien in dwarsverbindingen om de 500m en géén langsvluchtgang. De Westerscheldetunnel heeft uiteindelijk dwarsverbindingen om de 250m gekregen (en géén langsvluchtgang).

¹¹ Voor een toelichting op dit punt wordt verwezen naar **bijlage 2, punt 4**.



3. BEOORDELING EN CONCLUSIE

1. *Techniek*

Een **boortunnelvariant zoals voorgesteld door Witteveen en Bos** is een **technisch uitvoerbare oplossing** waarbij echter een aantal cruciale onderdelen onzeker is (zie paragraaf 2.3 en met name het "tot slot"-deel), die zonder nadere informatie van Witteveen & Bos niet kunnen worden beoordeeld. Indien deze onderdelen negatief uitvallen zijn deze sterk kostenverhogend en de veiligheid in gebruiksfase kan tot grote discussies leiden.

Een **boortunnel met twee buizen** (met relatief beperkte diameter) is in Nederland reeds toegepast en is **technisch zeker goed uitvoerbaar**.

2. *Hinder*

Een boortunnel variant heeft als **voordelen** dat de **hinder zowel in de bouwfase** als in de uiteindelijk fase (voor de geohydrologie) minder is dan bij een conventionele tunnel in de grindlaag.

3. *Verkeerstechnische inpassing*

Een oplossing gebaseerd op een boortunnelvariant beantwoordt **niet optimaal** aan de **verkeerstechnische problematiek**, zoals beschreven in "Maastricht raakt de weg kwijt II". Zo is de aansluiting op de viaductweg (ter plaatse van knooppunt de Geusselt) zo goed als onmogelijk en de aansluiting op knooppunt Europaplein is naar verwachting alleen mogelijk bij een andere inrichting van het Europaplein¹².

4. *Kosten*

Indien gekozen wordt voor een boortunnel variant, zou Horvat & Partners op basis van de huidige kennis, vooralsnog aansluiten bij het ontwerp gebaseerd op twee buizen met een kleinere diameter. Hierbij wordt opgemerkt dat een dergelijke tunnel vrij zeker (aanzienlijk) **duurder** is dan het ontwerp zoals voorgesteld in "**Maastricht raakt de weg kwijt II**"¹³. De oplossing van Witteveen & Bos kan naar verwachting van Horvat & Partners na oplossen van de huidige onzekerheden nog duurder zijn.

¹² Aanpassing van het knooppunt door het aanbrengen van een verkeersregeling installatie (VRI). Dit resulteert in een lagere capaciteit van het knooppunt.

¹³ Dit een gevolg van de grotere lengte van de boortunnel, de dure toeritten / schachten en de aanschaf van een relatief dure tunnelboormachine. Over het algemeen is de ervaring dat boortunnels duurder zijn dan in-situ tunnels, tenzij de kosten van overlast en stagnatie in de beoordeling worden meegenomen.

5. Veiligheid

Een boortunnel vraagt specifiek aandacht bij het zekerstellen van de veiligheid in de gebruiksfase. Over het algemeen zijn voorzieningen (met name voor zelfredzaamheid) kostbaarder dan bij conventionele tunnels. Het **veiligheidsconcept** met glijbanen, zoals voorgesteld in de variant van Witteveen & Bos, is niet eerder in Nederland toegepast. Horvat & Partners verwacht dat een dergelijk concept tot aanzienlijke **discussies** met de **brandweer** zal leiden. Ook het stapelen van verkeersdekken in een afgesloten ruimte zal naar alle waarschijnlijkheid leiden tot discussies.

6. Waarderingsschema

De bovenstaande punten leiden tot het volgende indicatieve waarderingsschema:

Aspect	Conventionele tunnel MII	Boortunnel met twee buizen	Boortunnel Witteveen & Bos
Techniek	+	+/-	+/-
Hinder	-	+	+
Verkeerstechnisch	+	-	-
Kosten	0	-/--	-/--
Veiligheid	0	0/-	--

Bovenstaand schema is slechts indicatief en dient gelezen te worden in samenhang met de voorgaande beoordeling

CONCLUSIE:

Horvat & Partners beveelt op basis van bovenstaande beoordeling aan eerst te overwegen of optimalisatie van de nadelen van de **conventionele varianten cq het ontwikkelen van alternatieven** niet mogelijk is.

Wij hopen u hiermee voldoende te hebben ingelicht. Mocht u naar aanleiding van deze rapportage nog vragen en/of opmerkingen hebben dan horen wij het graag.

Met vriendelijke groet,

namens Horvat & Partners,
Prof. ir. E. Horvat

BIJLAGE 1: VERANTWOORDING

Horvat & Partners – ingezette medewerkers & profiel

De beoordeling is verricht door mevr. ir. B.A.M. Keulen, ir. W.M. Visser, ir. G. Arends, dr. ir. A.F. Pruijssers onder directe leiding en eindverantwoordelijkheid van prof. ir. E. Horvat. Voor dit brede team van specialisten is gekozen om de relevante expertisevelden te kunnen meenemen en de opdracht binnen het gevraagde tijdpad zo effectief mogelijk te kunnen volbrengen.

Binnen het team is voorzien in de volgende expertisevelden:

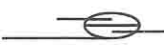
- Dhr. Horvat is specialist ondergronds bouwen en heeft een geotechnische en geohydrologische achtergrond. Hij heeft een brede internationale ervaring aan opdrachtgeverzijde en was hoogleraar ondergronds bouwen aan de Technische Universiteit Delft (1995-2000) en voorzitter van de Programma Adviesraad van het Centrum Ondergronds Bouwen (1995-2001).
- Dhr. Arends is specialist ten aanzien van risico's tijdens de uitvoering van ondergrondse werken. Hij heeft een geohydrologische en geotechnische achtergrond en is vele jaren werkzaam betrokken bij de uitvoering van ondergrondse werken (veelal in het buitenland). Momenteel is hij parttime (0,6fte) Universitair Hoofddocent 1 Ondergronds Bouwen aan de Technische Universiteit Delft.
- Dhr. Pruijssers is ontwerp- en projectmanagementspecialist (achtergrond (probabilistisch) ontwerpen en managen van complexe bouwprojecten). Hij is (sinds 1995) lid van de Programma Adviesraad van het Centrum Ondergronds Bouwen als materie en uitvoeringsdeskundige. Hij was voorzitter van de werkgroep L500 waarin een ontwerphandboek voor boortunnels is ontwikkeld.
- Mevr. Keulen heeft een geotechnische achtergrond en is risico- en tunnelveiligheidsspecialist.
- Dhr. Visser heeft kennis op het gebied van constructieve, uitvoeringstechnische en kostenbepalende aspecten.

Horvat & Partners is een ervaren partij op het gebied van auditing en reviews (second opinions) van grote infrastructurele en civiel technische projecten. Horvat & Partners heeft als bedrijfsbeleid het bewaren van de onafhankelijke positie ten aanzien van de projecten waarbij Horvat & Partners betrokken is teneinde voldoende kritisch te kunnen blijven. Dit borgt Horvat & Partners onder andere door diensten slechts aan (publieke) opdrachtgevers aan te bieden en door het dienstenpakket te beperken tot het uitvoeren van reviews en audits. De medewerkers van Horvat & Partners voeren regelmatig audits en reviews uit bij diverse (grote infrastructurele) projecten zoals de HSL-Zuid, Betuweroute, Zuidas Amsterdam, Noord/Zuidlijn Amsterdam, Boortunnel RandstadRail Rotterdam, Maasvlakte 2 in de voorbereiding, realisatie- en/of exploitatiefase van het project.

Uitgevoerde werkzaamheden

Voor het komen tot een second opinion op de overwegingen voor het uitvoeren van de traverse als boortunnel heeft Horvat & Partners de volgende activiteiten uitgevoerd.

1. Analyseren beschikbare informatie voor de boortunnel varianten. De beschikbare informatie bestond uit
 - Aantekeningen en schetsen van een boortunnel variant opgesteld door de Bouwdienst.
 - Korte beschrijving van boortunnel variant ontwikkeld door Witteveen & Bos (o.a. samenvatting en conclusies van het werk van afgestudeerde J. de Leeuw).
2. Brainstormsessie tbv inventariseren van relevante kenmerken, overwegingen en knelpunten. Aanwezigen: Horvat, Keulen, Arends en Visser (d.d. 12 maart 2004)

- 
3. Uitwerken resultaten brainstormsessie
 4. Interne workshop voor bespreken resultaten. Aanwezigen: Horvat, Keulen, Pruijssers, Arends en Visser (d.d. 12 maart 2004)
 5. Opstellen van conceptnotitie
 6. Verwerken en bespreken commentaar (zie onderstaande paragraaf)
 7. Afronden notitie.
- Opgemerkt wordt dat de omvang van de opdracht aan Horvat & Partners relatief beperkt (32 uur) was.

Versiebeheer

Onderstaand heeft Horvat & Partners (beknopt) aangegeven welk versies zijn verstuurd.

- Versie 22 maart – eerste versie.
- Versie 26 maart – op punten versie aangescherpt met name ten aanzien van toelichten verkeerskundige aspecten van boortunnel.
- Versie 31 maart - op punten versie aangescherpt en tekeningen bijgevoegd.
- Versie 2 april - feiten en beoordeling (meer) separaat gerapporteerd.
- Versie 14 april – verwerking ontvangen commentaar.
- Versie 27 april – tekstuele aanpassingen en aanpassing bijlage 1.

BIJLAGE 2: KENMERKEN VAN BOORTUNNELS

In deze bijlage worden enkele kenmerken van boortunnels besproken met mede aandacht voor verschillen ten opzichte van "conventionele" tunnels. Deze bijlage geeft enkele verdiepende achtergronden op de (hoofdnotitie).

1. Diepteligging

De diepteligging van een boortunnel is van een aantal factoren afhankelijk, zoals functie, situering, diameter, benodigde gronddekking en geologisch profiel. Een minimale gronddekking is nodig om opbarsten van de bodem tijdens uitvoering en opdrijven te voorkomen en om eventueel tijdelijk de boorkamer (voorste deel van de tunnelboormachine) geheel of gedeeltelijk onder luchtdruk te kunnen zetten in verband met onderhoudswerkzaamheden, verwijderen van (onvoorziene) obstakels, etc. Meestal wordt bij het ontwerp uitgegaan van met een minimale gronddekking van eenmaal de diameter. In specifieke omstandigheden of door het treffen van bijzondere maatregelen kan van deze vuistregel worden afgeweken. Met name de grondopbouw kan aanleiding zijn om af te wijken van deze vuistregel teneinde te kunnen boren in een grondsoort die minder risico's voor uitvoering van het boorproces met zich mee brengt.

In elk geval zal de diepteligging van een boortunnel groter tot veel groter zijn dan bij "conventionele" tunnels wordt aangehouden.

2. Schachten, toe- en afritten

Om de tunnelboormachine op de juiste diepte te laten starten en om de machine aan het einde van de boorfase te kunnen verwijderen zijn diepe schachten noodzakelijk. Deze schachten zullen in de eindfase onderdeel zijn van de toe- en afritten van en naar de boortunnel. Deze toegangschachten (incl. toe- en afritten) worden gebouwd vanaf maaiveld. Om deze bouwputten aan te leggen zal de problematiek ten aanzien van het maken van een open ontgraving vanaf het maaiveld een rol spelen. Dit veroorzaakt hinder net als bij het maken van een conventionele tunnel.

3. Dwarsprofiel

Het ringgedrag van de ronde boortunnel vorm heeft een relatief gunstig krachtenverloop tot gevolg. Aan de ronde vorm van de boortunnels kleven echter ook een aantal nadelen, omdat de tunnel meer ruimte gebruikt dan het rechthoekige profiel van vrije ruimte vereist.

4. Boogstralen

Voor de aanleg van wegen dienen boogstralen te worden aangehouden zowel in:

- horizontale richting; voorkomen van te scherpe bochten (o.a. afhankelijk van toegestane snelheid op de weg) en omdat met een tunnel boormachine geen scherpe bocht kan worden gerealiseerd.
- verticale richting; voorkomen van te steile hellingen, waardoor de lengte van open toe- en afritten beïnvloed wordt.

5. Juridische implicaties

Er zijn op grond van bepalingen in het Burgerlijk Wetboek juridisch **geen cijfermatige dieptegrenzen aan het recht van eigendom** van de grond aan te geven. Dus ook boren onder het perceel van een derde betekent strikt juridisch geïnterpreteerd een aantasting van het eigendom. In de praktijk heeft dit geresulteerd dat het stratenpatroon gevolgd wordt (rekening houdend met het voorkomen van schade aan nabij gelegen bebouwingen) en/of dat het eigendom van de grond wordt opgekocht. Opgemerkt wordt dat er geen onteigeningsgrondslag bestaat op een kort tracé onder de bebouwing door, als het (theoretisch) mo-

gelijk is een tracé te volgen dat reeds in eigendom is van "de overheid" (stratenpatroon).

6. **Tracébepaling**

Resumerend op basis van bovenstaande punten 1 t/m 5 kan gesteld worden dat de vrijheid voor inpassing van een boortunnel sterk beperkt wordt door:

- a. de noodzakelijke diepteligging (mede in relatie met het dwarsprofiel)
- b. het volgen van het stratenpatroon en/of, indien noodzakelijk, het zo min mogelijk onder (fundering van) huizen doorgaan
- c. de toegestane boogstralen
- d. de te realiseren aansluitingen op de bovengrondse infrastructuur

7. **Hinder (incl. risico's)**

De hinder tijdens de bouw van een boortunnel ter plaatse van het boren is significant minder met uitzondering van de risico's voor schade door het eventueel optreden van ongewenste gebeurtenissen zoals zettingen¹⁴ en/of blow-outs of blow-ins. Wel dient rekening te worden gehouden te worden met bouwhinder ter plaatse van de schachten (incl. de aansluitende toe- en afritten).

Het boren van een tunnel is over het algemeen een relatief snel bouwproces waardoor de tijdsduur van de hinder beperkter is.

Daarnaast pleegt het boorproces minder aanslag op de ondergrondse omgeving (ecologisch en geohydrologisch milieu).

8. **Operationele veiligheid**

In geval van een calamiteit dient het mogelijk te zijn om primair de tunnel te ontvluchten en secundair om hulp van buiten te bieden. Over het algemeen is het bij boortunnels moeilijker (en vooral kostbaarder) hiervoor voorzieningen te treffen (bijvoorbeeld: aanbrengen van langs- en dwarsvluchtroutes).

9. **Geologische opbouw van de bodem**

Het boorproces is gevoelig voor een groot contrast in de geologische opbouw van de bodem en voor sterk variërende eigenschappen van afzonderlijke geologische deelgebieden en voor natuurlijke en kunstmatige obstakels (grote stenen, oude funderingen, etc). Dit verhoogt het risicoprofiel (kans op meerkosten) voor het boren.

10. **Kosten**

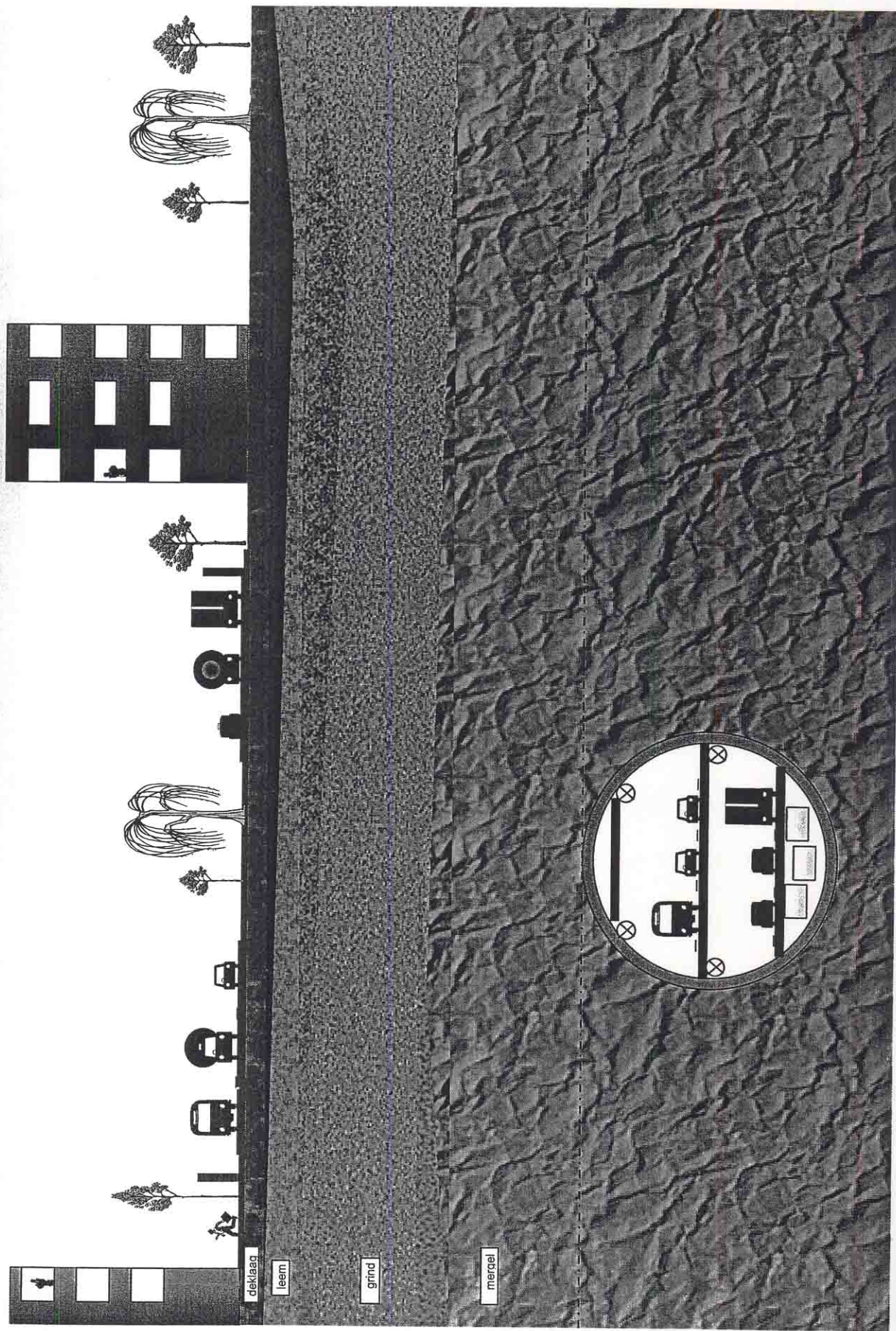
Over het algemeen zijn de kosten van een boortunnel (veel) hoger dan voor een conventioneel gebouwde tunnel. Door specifieke omstandigheden zou dit echter positiever kunnen uitvallen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat bij relatief korte maar diepliggende boortunnels (bijvoorbeeld Heinenoordtunnel, totale lengte circa 1350 meter, onderverdeeld in een boorgedeelte van circa 950 meter, toeritten van elk 155 meter en toegangsschachten van elk 38 meter) de open afritten wel 50% van het totale bouwbudget kunnen uitmaken. Daarnaast is de aanschaf en mobilisatie van de tunnelboormachine een zeer kostenbepalende factor. Indien het een kortere tunnel betreft kan dit eveneens een groot aandeel in de kosten zijn.

¹⁴ Een belangrijk aandachtspunt is deformatie in de ondergrond die optreedt bij de aanleg van tunnels met behulp van tunnel boormachines. De grootte en uitgestrektheid van de deformatie in de ondergrond is afhankelijk van de gekozen uitvoeringsmethode en het deskundigheidsniveau waarmee de uitvoering gepaard gaat. Deformaties in de ondergrond als gevolg van het boorproces tezamen met potentiële blow-outs / blow-ins vormen de grootste risico's bij aanleg van een boortunnel, met mogelijk catastrofale gevolgen voor de omgeving en nabije belendingen. Hierbij dient met name aandacht besteed te worden aan de aan te houden afstand tot de bestaande funderingen. Bij een diepe boortunnel verwacht Horvat & Partners trouwens dat dit risico relatief laag blijft.



BIJLAGE 3: TEKENINGEN & FIGUREN

Dwarsdoorsnede van boortunnel met grote diameter en gestapelde rijdekken (variant Witteveen & Bos)



Dwarsdoorsnede van boortunnel met twee buizen en dwarsverbindingen

