



Technische haalbaarheidsstudie tunnelverbinding A6 / A9



BIBLIOTHEEK
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Postbus 20.000
3502 LA Utrecht

BIBLIOTHEEK BOUWDIENST RIJKSWATERSTAAT

NR. ...C 859.3 BDU.....

Technische haalbaarheidsstudie tunnelverbinding A6/A9

30 september 2002

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
Projectscope	5
Oplossingsrichtingen	5
Wegontwerpen	6
Bijzondere voorzieningen	7
Verdere studieonderwerpen	7
Kostenraming	8
Conclusies	8
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Doel	12
1.3 Scope en afbakening	12
1.4 Aanpak en werkwijze	13
2 Alternatieven en varianten	15
2.1 Onderzoekskaders	15
2.1.1 Randvoorwaarden en uitgangspunten	15
2.1.2 Mogelijke bouwmethoden	16
2.2 Inventarisatie van tunnelvarianten	18
2.2.1 Toelichting op de ontwikkeling van varianten	18
2.2.2 Boortunnelvarianten	18
2.2.3 In-situ-tunnelvarianten	19
2.2.4 Motivatie selectie	20
2.2.5 Onderzoeksvarianten	20
2.2.6 Nadere uitwerking	21
2.3 Horizontaal tracé	22
2.3.1 Toelichting op de ontwikkeling van horizontale tracés	22
2.3.2 Selectie en optimalisatie van boortunneltracé	23
2.3.3 Selectie en optimalisatie van in-situ-tunneltracé	24
2.3.4 Weergave van de geselecteerde tracés	24
2.4 Verticaal alignement	25
2.4.1 Toelichting op de ontwikkeling van verticale alignementen	25
2.4.2 Boortunnelalignementen	26
2.4.3 In-situ-tunnelalignementen	27
2.5 Vormgeving knooppunten	28
2.5.1 Ontwerpcriteria	28
2.5.2 Muiderberg (A1/A6)	29
2.5.3 Holendrecht (A2/A9)	30
2.6 Bijzondere tunnelvoorzieningen	31
2.6.1 Toeritten	31
2.6.2 Schachten	32
2.6.3 Dwarsverbindingen (boortunnelvarianten)	33
2.6.4 Kruisingen met spoor- en waterwegen	33
3 Andere onderwerpen van studie	35
3.1 Inleiding	35
3.2 Geotechniek en hydrologie	35
3.2.1 Geotechniek	35

3.2.2	Hydrologie	36
3.3	Tunnelveiligheid	37
3.3.1	Toelichting bij de werkwijze	37
3.3.2	Interne veiligheid	37
3.3.3	Externe veiligheid	39
3.3.4	Veiligheidsvoorzieningen	40
3.4	Overige aspecten	41
3.4.1	Emissies	41
3.4.2	Natuur en landschappelijke inpassing	43
3.5	Kostenraming	43
3.5.1	Werkwijze	43
3.5.2	Uitgangspunten	43
3.5.3	Resultaten	47
3.5.4	Risico's en onzekerheden	48
4	Conclusies	49
4.1	Onderzoeksopdracht	49
4.2	Bouwmethode	49
4.3	Dwarsprofiel	50
4.4	Tracé en alignement	50
4.5	Knooppuntvorm	52
4.6	Voorzieningen	52
4.7	Andere onderwerpen van studie	53
4.8	Kosten	54
4.9	Verdere aandachtspunten	55
Bijlagen		57
1	Verwijzingen	59
2	Lijst van tabellen en figuren	61
3	Bijlagenrapport	63

Samenvatting

Projectscope

Onderwerp van studie is een nieuw te realiseren tunnelverbinding, die dient als route voor het snelwegverkeer tussen enerzijds Flevoland en 't Gooi (A1/A6) en anderzijds Amsterdam en de Haarlemmermeer (A2/A9). Het doel van de technische haalbaarheidsstudie is inzicht te verkrijgen in de technische (on)mogelijkheden van een autosnelwegverbinding via een tunnel tussen de rijkswegen A6 en A9.

Knooppunt Muiderberg



De studie heeft betrekking op technische oplossingsrichtingen voor de bouwmethode en ontwerpkenmerken van de tunnel en de twee aansluitende knooppunten. Omgevingsaspecten zijn slechts globaal onderzocht en alleen voor zover die van invloed zijn op de technische haalbaarheid.

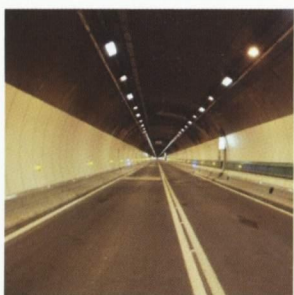
Het plangebied omvat een zone van ongeveer 2 kilometer (km) breedte en ongeveer 14 km lengte tussen knooppunt Muiderberg (A1/A6) en knooppunt Holendrecht-Zuid (A2/A9), met inbegrip van beide knooppunten. Conform de (expliciete) opdracht zijn in de studie alleen dichte tunnelalternatieven betrokken en bijvoorbeeld geen alternatieve wegverbindingen of modaliteiten.

Ten behoeve van de studie zijn deelonderzoeken uitgevoerd naar de aard en vormgeving van de tunnel en de weg zoals bouwmethode, dwarsprofiel, horizontaal tracé (verloop van de weg in het landschap), verticaal alignement (hoogteligging van het tracé) en knooppuntontwerp. Daarnaast zijn onderzoeken gedaan naar geotechnische en hydrologische aspecten, interne en externe veiligheid en kosten.

Oplossingsrichtingen

Als beeldbepalende landschapselementen in het plangebied - en dus dwangpunten voor de tunnelverbinding - zijn te noemen natuureservaat Naardermeer, de rivieren Gein en Vecht, het Amsterdam - Rijnkanaal, de spoorlijnen tussen Amsterdam en respectievelijk Almere, Hilversum en Utrecht, en overige bestaande (weg)infrastructuur en bebouwing. Daarnaast is een belangrijk uitgangspunt dat de (tijdelijke) aantasting van het bijzondere open plangebied zo beperkt mogelijk moet worden gehouden.

Interieur boortunnel



Na beoordeling van een aantal gebruikelijke en innovatieve technieken, zijn boren (ondergrondse aanleg van een tunnel met behulp van een tunnelboormachine) en in-situ bouwen (waarbij de tunnel ter plaatse - in-situ - in een open bouwput wordt aangelegd) als meest realistische methoden aangeduid. Vanwege te verwachten bouwtechnische complexiteit, de grote tijdelijke verstoring van het maaiveld en (bouwtechnische) onzekerheden zijn andere methoden niet verder onderzocht.

Uit de negentien geïnventariseerde tunnelvarianten is een zevental te onderzoeken varianten geselecteerd (vijf boortunnelvarianten waaronder twee innovatieve - Parijse¹ en double-O² - en twee in-situ-tunnelvarianten) op basis van realiseerbaarheid en oplossend vermogen. Uitgangspunt was een selectie samen te

stellen waaruit zoveel mogelijk informatie over de technische haalbaarheid is af te leiden. Daarbij is rekening gehouden met het toe te passen vluchtregime, constructieve (on)mogelijkheden en onderzoek naar innovatieve tunnelontwerpen.

Wegontwerpen

Naast de aansluiting op de knooppunten Holendrecht en Muiderberg, zijn de kruisingen met de spoorlijn Amsterdam – Hilversum (met name bij de Flevoboog en de Gooiboog), de kruising van de sterk meanderende rivier de Vecht en de bebouwde kom van Weesp en Amsterdam-Zuidoost, richtinggevend voor het ontwerp van horizontale tracés en verticale alignementen.

Na selectie blijken drie tracés geschikt:

- een zo kort mogelijk (boortunnel-) tracé onder onbebouwd gebied, waarvan de lengte tussen de middelpunten van de knooppunten 11.420m bedraagt;
- een (in-situ-tunnel) tracé dat midden tussen de spoorbogen doorgaat, waarvan de lengte 11.750m bedraagt;
- een wat zuidelijker gelegen (in-situ-tunnel) tracé dat de Vecht haaks kruist, waarvan de lengte 11.950m bedraagt.

De drie tracés zijn redelijk goed aan te sluiten op de uit te breiden knooppunten Muiderberg en Holendrecht. Bij beide knooppunten zal de nieuwe wegverbinding A6/A9 de bestaande autosnelwegen op het hoogste niveau kruisen en vandaar afdalen naar het niveau van de tunnel. Bij een dergelijke vormgeving kan een dwarsprofiel met wisselbanen relatief eenvoudig worden ingepast.

Vecht



Als gevolg van een verschuiving van de oriëntatie van de maatgevende verkeersstroom bestaat de voorkeur om knooppunt Muiderberg te reconstrueren, waarbij de hoofdrichting Amsterdam – Flevoland wordt. Na verdere optimalisatie blijkt het boortunneltracé goed inpasbaar. Datzelfde geldt voor het zuidelijk in-situ-tunneltracé. Dit geoptimaliseerde tracé, met een lengte van 12.250m grenst dan wel dicht aan het natuurreservaat Naardermeer. Aan de inpassing van het tracé dat tussen de spoorbogen doorgaat, kleven in de nieuwe situatie verschillende bezwaren van technische aard.

Voor het ontwerp van verticale alignementen zijn tracébepalende elementen de verkeersveiligheid, hellingspercentages, gronddekking, zichtlengtes en afwatering. Het diepste punt van het boortunneltracé wordt met hellingen van 1:600 bepaald door de benodigde gronddekking onder het Amsterdam – Rijnkanaal, en ligt circa 400m ten westen van de Gooiboog op NAP-37m. De lengte van het gesloten deel van de tunnel is ongeveer 6.900m.

Voor het in-situ-tunneltracé is, naast een zo dicht mogelijk onder het maaiveld liggend en golvend alignement, een alignement ontworpen waarbij het hoogteverschil tussen het begin van het gesloten tunneldeel en de maatgevende diepte onder het Amsterdam – Rijnkanaal met een constante helling wordt overbrugd. De beperkte westelijke helling van 1:1000 wordt gecompenseerd door relatief eenvoudige afwateringsvoorzieningen. Het alignement ligt gemiddeld 1,50m lager dan het golvende alignement. In beide gevallen ligt het diepste punt van de tunnel onder het Amsterdam – Rijnkanaal op NAP-13,75m en is de lengte van het gesloten deel van de tunnel ongeveer 7.400m.

Bijzondere voorzieningen

Bij de aanleg van een boortunnel is een start- en ontvangtschacht nodig om de tunnelboormachine te kunnen opstellen en het boorproces te kunnen aanvangen, respectievelijk de machine te kunnen ontvangen en demonteren. Na afronding van het boorproces worden de schachten afgebouwd en opgenomen in het open dan wel gesloten deel van de tunnel.

De samenvoeging van de verbindingswegen en hoofdrijbanen moet buiten het gesloten deel van de tunnel plaatsvinden. Daardoor is het wegvak in de uiteindelijke toerit relatief lang, ongeveer 1.500m. Om de weg en het verkeer aan het oog te onttrekken wordt de weg vanaf het maaiveld zo snel mogelijk op tenminste 6m diepte gebracht. Vanwege het vlakke alignement in de toeritten zijn aanvullende afwaterende voorzieningen nodig.

Vluchtdeur



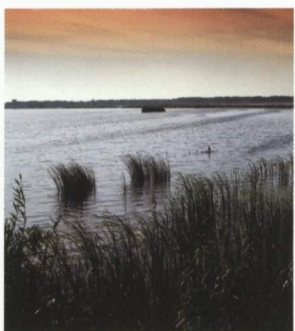
Langs het tunneltracé zijn vier verticale tussenschachten nodig, ongeveer elke 1.500m. Primair faciliteren deze schachten de ventilatie van de tunnel, zowel voor de luchtverversing als voor de uitlaat van rook en gassen in geval van calamiteiten. De tussenschachten bieden tevens ruimte voor het realiseren van een vluchtweg naar het maaiveld en voor het onderbrengen van technische ruimtes en pompkelders.

Alle tunnelvarianten worden elke 100m uitgerust met vluchtdeuren naar een langsvluchtgang. Wanneer deze ontbreekt leiden de vluchtdeuren via een dwarsverbinding rechtstreeks naar een andere tunnelbuis. Bij boortunnelvarianten met een langsvluchtgang kan worden volstaan met dwarsverbindingen om de 500m. Ter plaatse van de kruisingen met de spoorlijn Amsterdam - Hilversum en de Gooiboog zijn grondverbeteringen nodig. De kruising met de spoorlijn Amsterdam - Utrecht wordt opgevangen met een betonnen brugconstructie die onder het bestaande spoor wordt ingeschoven; vanwege de holle vorm wordt een dergelijke brug ook wel trogligger genoemd. Zodra deze gereed is, kan daaronder de toerit worden gebouwd.

Bij de in-situ-tunnelvarianten is voor de kruising van de Vecht en de Gein uitgegaan van een gefaseerde bouw, waarbij tijdelijk (globaal) de helft van de vaarweg wordt geblokkeerd. Om de scheepvaart zo min mogelijk te hinderen wordt in het Amsterdam - Rijnkanaal gebruik gemaakt van afgezonken tunnel-elementen.

Verdere studieonderwerpen

Naardermeer



Op basis van een (beperkt) archiefonderzoek is vastgesteld dat de bodem en het grondwater ter plaatse weinig bijzondere belemmeringen hebben voor de bouw van een geboorde dan wel een in-situ gebouwde tunnel. Aandachtspunten zijn de verschillende polderpeilen en, met name voor het boorproces, de aanwezigheid van grindformaties in de bodem.

De interne veiligheid is met behulp van een berekeningsmethodiek beoordeeld aan de hand van een afgeleide norm (vergelijkingswaarde). Op basis van deze berekeningen lijken alle tunnelvarianten zonder beperkingen voor het vervoer van gevaarlijke stoffen (categorie 0 tunnel) te kunnen voldoen aan een eventueel toekomstige norm voor het groepsrisico. Het vaststellen van het toelatingsbeleid en de daarmee corresponderende categorie-indeling van de tunnel is een politiek-bestuurlijke beslissing. De economische aspecten van het eventueel verloren gaan van de tunnel ten gevolge van een calamiteit, spelen daarbij doorgaans een belangrijke rol.

In principe is een tunnel relatief veilig voor de omgeving. De risicobepalende elementen worden door het dak van de tunnel namelijk grotendeels afgedekt. In geval van een explosie, bijvoorbeeld van een LPG tankauto, ontstaat echter wel een sterk verhoogd risico ter plaatse van de tunnelmonden.

Gezien de grote (im-) materiële schade die wordt geleden bij inundatie³⁾ dient de tunnel dusdanig te worden geconstrueerd dat de kans daarop wordt geminimaliseerd. Het meest voor de hand liggend is het optrekken van de wanden van de toeritten en schachten tot boven het boezempeil van de betrokken polders, circa 1,50m boven het maaiveld.

Het plangebied biedt huisvesting en foerageermogelijkheden voor een variëteit aan planten, vogels, amfibieën en reptielen, waaronder een aantal (Europees) beschermde. Door realisatie (met name van de in-situ-tunnel varianten) en gebruik van de tunnelverbinding wordt het gebied verstoord. De circa 12km lange verbinding zal het plangebied over een lengte van ongeveer 7km onder-tunnelen. Na realisatie van de tunnel wordt het landschap daarboven weer zoveel mogelijk hersteld in de oorspronkelijk staat. Aan weerszijden van de tunnel wordt het landschap echter blijvend doorsneden door toeritten en verbindingswegen tussen de tunnel en de knooppunten Holendrecht en Muiderberg.

Kostenraming

Gein



De kostenraming is samengesteld uit een deel civiele techniek, geraamd door de Bouwdienst Rijkswaterstaat, en een deel wegen en knooppunten, geraamd door Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland. De ramingen zijn opgesteld conform de PRI-systematiek⁴⁾.

De geraamde investeringskosten voor de tunnelvarianten die voldoen aan de uitgangspunten, inclusief aansluitende wegen en aanpassingen van de knooppunten, lopen uiteen van € 2,20 miljard voor de in-situ-tunnelvariant met 2x2 rijstroken en vluchtstroken, tot € 4,30 miljard voor de boortunnelvariant met wisselrijbaan (3x2 rijstroken met vluchtstroken).

De Parijse variant (twee boven elkaar gelegen rijbanen, met elk twee versmalde rijstroken en een vluchtstrook) is met € 2,10 miljard als goedkoopste geraamd, maar voldoet niet aan de uitgangspunten voor ontwerpsnelheid en toelatingsbeleid.

De onzekerheidsmarge is ingeschat op 35 respectievelijk 40% voor de innovatieve tunnelvarianten, 30% voor de conventionele boortunnelvarianten en 25% voor de in-situ-tunnelvarianten. De vermelde bedragen hebben betrekking op het prijspeil medio 2002, inclusief BTW, engineerings- en uitvoeringskosten.

Conclusies

De algemene conclusie van de technische haalbaarheidsstudie luidt dat een tunnelverbinding tussen de A6 (knooppunt Muiderberg) en de A9 (knooppunt Holendrecht) technisch is te realiseren.

De daarvoor meest geëigende bouwmethoden zijn in-situ bouwen of boren. In beide gevallen bestaat er in technische zin een ruime keuzevrijheid voor het toe te passen dwarsprofiel, waarbij aan de technische haalbaarheid van de double-O tunnel (BT-4) getwijfeld moet worden. Het uiteindelijk profiel is sterk afhankelijk van verkeerskundige uitgangspunten en beleidsmatige keuzes.

De lengte van het gesloten deel van de tunnel bedraagt 6.900 tot 7.400m. Aan weerszijden daarvan zal een in het landschap verdiept gelegen toerit van ongeveer 1,5km zichtbaar zijn. De wanden van de toerit steken ongeveer 1,5m boven het maaiveld uit, ter voorkoming van inundatie.

Boven het gesloten deel van de tunnel zijn in het landschap om de 1,5km tevens vier gebouwcomplexen zichtbaar. Hierin zijn vluchtgangen, technische ruimtes en schoorstenen ten behoeve van de ventilatie ondergebracht. Met name de schoorstenen zijn opvallende elementen in het open landschap, deze zijn 10m hoog en 6m in doorsnede. De gebouwcomplexen staan ieder op een terp van 1,5m boven het maaiveld. Rond de toeritten en gebouwcomplexen is tevens een stelsel van dienstwegen nodig.

Tijdens de bouw van de tunnel zijn tijdelijke effecten op het landschap te verwachten door de inrichting van werkterreinen en gronddepots, transport en logistieke activiteiten en tijdelijke blokkade van de rivieren Gein en Vecht. Ook de aanpassing van de knooppunten zal leiden tot tijdelijke en permanente verstoring. Het negatieve effect zal groter zijn bij een in-situ gebouwde tunnel dan bij een geboorde tunnel. Met name gedurende de meerjarige uitvoeringsperiode zal een breed, diep en kilometers lang litteken in het landschap zichtbaar zijn.

De geraamde investeringskosten voor de tunnelvarianten lopen uiteen van € 2,10 miljard voor de Parijse boortunnelvariant (twee boven elkaar gelegen rijbanen met elk twee rijstroken en een vluchtstrook) tot € 4,30 miljard voor de boortunnelvariant met wisselrijbaan (3x2 rijstroken met vluchtstroken).

Bij een vervolgonderzoek is nadere aandacht nodig voor:

- de dimensionering van innovatieve tunnelvarianten;
- de bodemgesteldheid in relatie tot de boormethode;
- de waterhuishouding van de verschillende poldersystemen;
- de externe veiligheid in de regio;
- de emissies en maatregelen daartegen, nabij de tunnelmonden en ventilatieschachten, met name in de buurt van bebouwing;
- de landschappelijke en ecologische inpassing;
- de oriëntatie van eventuele wisselrijbanen;
- het toelatingsbeleid (categorie tunnel);
- de fasering van de uitvoering van de knooppunten;
- de effecten van wijzigingen in verkeerskundige uitgangspunten.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Na een lange voorgeschiedenis is het gebied tussen Amsterdam en Almere als ruimtelijke reservering opgenomen in het (in voorbereiding zijnde) Nationaal Verkeers- en Vervoerplan (NVVP). Een autosnelwegverbinding tussen de A6 en A9 – via de Gein- en Vechtstreek in Noord-Holland – is genoemd als een van de mogelijke opties (NVVP Beleidsvoornemen deel B, Planologische Kernbeslissing kaart1). Het Directoraat-generaal Personenvervoer (DGP) van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft daarom opdracht gegeven aan het Hoofdkantoor van Rijkswaterstaat om daarnaar een studie uit te voeren. Het verwerpen van het NVVP in het voorjaar van 2002 door de Tweede Kamer is op de opdracht niet van invloed geweest.

De studie betreft de technische (on)mogelijkheden van een autosnelweg door een tunnel onder het plangebied. Het onderzoek is een technische vóórstudie, die bouwstenen oplevert voor een later uit te voeren integrale verkenning volgens de systematiek van het Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport (MIT), ofwel een Verkenning Nieuwe Stijl en een eventueel daarop volgende m.e.r.-procedure.

De haalbaarheidsstudie is uitgevoerd in een samenwerkingsverband tussen Bouwdienst Rijkswaterstaat en de regionale directies IJsselmeergebied en Noord-Holland, onder eindverantwoordelijkheid van het Hoofdkantoor. De directie Noord-Holland voerde de regie.

Knooppunt Muiderberg



1.2 Doel

Het hoofddoel van de technische haalbaarheidsstudie is als volgt geformuleerd: Beantwoorden van de vraag in hoeverre een autosnelwegverbinding A6/A9 door een tunnel onder het plangebied technisch is te realiseren, door het verkrijgen van inzicht in de technische mogelijkheden en onmogelijkheden. De bevindingen dienen te worden vastgelegd in een samenvattende rapportage.

Dit doel is nagestreefd door het inventariseren van reële ontwerpvarianten voor de tunnel en daaraan gerelateerde elementen zoals de bouwmethode, het horizontale en verticale alignement, het dwarsprofiel, bijzondere voorzieningen en de aansluiting op bestaande knooppunten in het hoofdwegennet. Voor geselecteerde ontwerpen zijn effecten voor zover deze van invloed zijn op de technische haalbaarheid van de tunnel, globaal bepaald. Bijzondere aandachtspunten zijn daarbij de geschiktheid van de bodem, externe en interne veiligheid en een indicatie van de benodigde investeringen.

1.3 Scope en afbakening

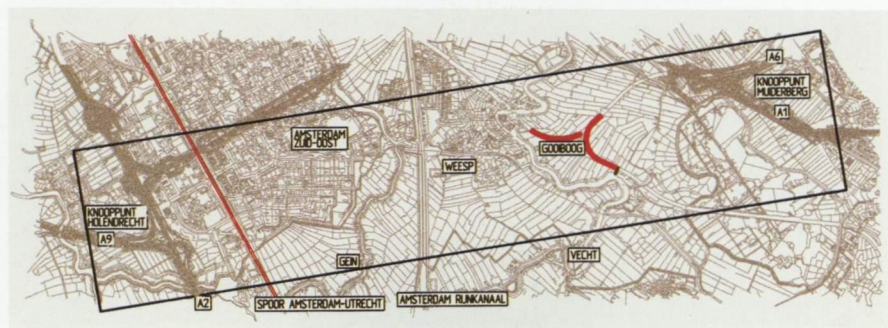
Onderwerp van de technische haalbaarheidsstudie is een zo direct mogelijke autosnelwegverbinding tussen de knooppunten Muiderberg (A1/A6) en Holendrecht (A2/A9) via een tunnel onder het open landelijke gebied ten zuiden van Weesp en Amsterdam-Zuidoost.

De studie heeft betrekking op technische oplossingsrichtingen voor de bouwmethode en ontwerpkenmerken van de tunnel en de twee aansluitende knooppunten. Omgevingseffecten zijn globaal onderzocht op het gebied van geohydrologie, veiligheid, emissies, landschap en kosten.

De studie heeft nadrukkelijk niet het integrale karakter van een MIT-verkenning of de diepgang van een m.e.r.-procedure. Er is dan ook niet expliciet ingegaan op alternatieve vervoerwijzen of wegverbindingen, andere uitvoeringsvormen dan een tunnel, andere dan technische effecten of financieringsvormen. De studie spreekt zich ook niet uit over nut en noodzaak en de financiële, juridische of maatschappelijke haalbaarheid van een tunnel in de verbinding tussen de A6 en de A9. Wel is parallel aan de technische haalbaarheidsstudie door Railned en Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, de verkeerskundige situatie tussen Haarlemmermeer en Almere onderzocht (Quick scan weg corridor Haarlemmermeer – Almere, juli 2002, Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland).

Het plangebied omvat een zone van ongeveer 2km breedte en ongeveer 14km lengte tussen knooppunt Muiderberg (A1/A6) en knooppunt Holendrecht-Zuid (A2/A9), met inbegrip van beide knooppunten. In de studie zijn geen alternatieve wegbreedingen onderzocht, zoals bijvoorbeeld capaciteitsverruiming van de

Figuur 1
Plangebied van de technische
haalbaarheidsstudie



route via de A1 en de Gaasperdammerweg (A9). Conform de (expliciete) opdracht zijn in de studie alleen dichte tunnelalternatieven betrokken, en bijvoorbeeld geen open-bakconstructies of constructies op maaiveldligging.

In het plangebied, een relatief rustig en open gebied midden in een dichtbevolkte en zich snel ontwikkelende regio, zijn verschillende andere studies en projecten in uitvoering. Enkele daarvan hebben in meerdere of mindere mate een relatie met de autosnelwegverbinding tussen de A6 en de A9. De beïnvloeding van en door andere projecten in en om het plangebied maakt geen deel uit van de haalbaarheidsstudie. Enige uitzondering daarop is de huidige realisatie van de spoorwegverbinding Gooiboog⁵⁾, omdat dit project gevolgen heeft voor de inpassing en het alignement van de onderzochte tunnelverbinding.

1.4 Aanpak en werkwijze

Het proces van voorbereiden en realiseren van onderliggend onderzoek is in een aantal stappen doorlopen, zoals beschreven in het Plan van aanpak (Technische haalbaarheidsstudie tunnel A6/A9, Plan van aanpak, december 2001).

Tussentijds heeft op verschillende momenten overleg plaatsgevonden met de opdrachtgever, Hoofdkantoor van Rijkswaterstaat, over de tussenresultaten en de te volgen koers.

Deelonderzoeken ten behoeve van de technische haalbaarheidsstudie zijn uitgevoerd naar:

- bouwmethode voor de realisatie van de tunnelverbinding;
- dwarsprofiel;
- horizontaal tracé van weg en tunnel;
- verticaal alignement van weg en tunnel;
- ontwerp van de knooppunten Muiderberg en Holendrecht;
- geotechnische en hydrologische aspecten;
- externe en interne veiligheid;
- kostenraming van de onderzochte varianten.

De resultaten van de deelonderzoeken zijn vastgelegd in verschillende deelrapportages, gebundeld in een bijlagenrapport. Voor een overzicht daarvan wordt verwezen naar bijlage 3. Met deze rapportage, waarin de rode draad van de verschillende deelonderzoeken is vastgelegd, wordt de technische haalbaarheidsstudie afgesloten.



2 Alternatieven en varianten

2.1 Onderzoekskaders

2.1.1 Randvoorwaarden en uitgangspunten

De autosnelwegverbinding moet gaan dienen als route voor het verkeer tussen Flevoland en 't Gooi (ten oosten van de tunnel) en Amsterdam en Haarlemmermeer (ten westen van de tunnel) en zal bestaande wegvakken van de A1 (Muiden) en de A9 (Gaasperdammerweg) ontlasten. Langs de route tussen de knooppunten Muiderberg (A1/A6) en Holendrecht (A2/A9) zijn geen extra aansluitingen op het onderliggende wegennet voorzien.

Belangrijke randvoorwaarden voor het proces en de te verrichten onderzoeken, zoals die in het Plan van aanpak zijn genoemd, zijn:

- een complete ondertunneling van de autosnelwegverbinding tussen de knooppunten Muiderberg en Holendrecht;
- in de studie worden naar schatting ongeveer zes te onderzoeken tunnelvarianten betrokken;
- in de studie worden maximaal vier knooppuntvarianten betrokken;
- per tunnelvariant wordt uitgegaan van één bouwmethode over de gehele lengte van het tracé (dus geen combinatie van bouwmethoden verenigd in één tunnelvariant);
- het wegontwerp is conform de ROA (Richtlijnen Ontwerpen Autosnelwegen);
- de kostenraming wordt opgesteld volgens de PRI-systematiek, met als te hanteren prijspeil dat van medio 2002 (in euro);
- voor de bouwmethoden is uitgegaan van de huidige 'state of the art' met inachtneming van te voorziene ontwikkelingen in tunneltechniek in de komende 20 jaar.

In het plangebied bevinden zich verschillende beeldbepalende landschappelijke en infrastructurele elementen waarmee rekening moet worden gehouden bij de vaststelling van het alignement. Te noemen zijn in dit verband de Naardertrekvaart, het natuurreservaat Naardermeer, de rivieren Gein en Vecht, het Amsterdam – Rijnkanaal, de spoorlijnen tussen Amsterdam en respectievelijk Almere, Hilversum (inclusief Gooiboog tussen Hilversum en Almere) en Utrecht, en overige bestaande (weg)infrastructuur en bebouwing (Weesp).

Naast de door de opdrachtgever en de omgeving aan het project opgelegde eisen en grenzen is het belangrijkste uitgangspunt voor de technische haalbaarheidsstudie dat voor de realisatie van de tunnel een methode moet worden gebruikt die het bijzondere open plangebied zo min mogelijk aantast.

Voor het wegontwerp van zowel de knooppunten als het tunneltracé, is in principe uitgegaan van maatvoeringen en voorzieningen conform de ROA bij een ontwerpsnelheid van 120km/u. Uitzondering daarop vormt een zogenaamde Parijse⁶⁾ variant met een ontwerpsnelheid van 70km/u, alleen toegankelijk voor personenauto's. Tot de tunnelinrichting horen, ongeacht de uitvoeringswijze, onder meer fysiek gescheiden rijbanen, verticale (ventilatie) schachten en vluchtdeuren gecombineerd met langsvluchtgangen⁷⁾ en/of dwarsverbindingen⁸⁾.

Eveneens is uitgangspunt dat waterkelders, vluchttrappen en energievoorzieningen in en/of via de verticale schachten⁹⁾ toegankelijk zijn.

Omdat de te bieden wegcapaciteit niet als uitgangspunt is meegegeven, is rekening gehouden met een range aan dwarsprofielen variërend van twee tot vier rijstroken per (spits-) richting.

In verband met de lengte van de tunnel is het wenselijk dat langs de rijbanen vluchtstroken aanwezig zijn. Deze verkleinen de kans op congestie en (letsel-) ongevallen en bewijzen goede dienst bij incidentmanagement. Er bestaat op voorhand geen voorkeur voor een variant met of zonder gescheiden langsvluchtgang. Bij toepassing van een langsvluchtgang dient op basis van ervaringscijfers om de 250 tot 500m een dwarsverbinding naar een andere tunnelbuis te worden gerealiseerd. Bij het ontbreken ervan worden om de 100 tot 150m vluchtdeuren met dwarsverbindingen toegepast.

2.1.2 Mogelijke bouwmethoden

Conform de opdracht zijn geen gecombineerde bouwmethoden bestudeerd. Voor één tunnelvariant wordt over de gehele lengte van de tunnel uitgegaan van één bouwmethode.

Daarop bestaan twee uitzonderingen, namelijk ter plaatse van de toeritten en ter plaatse van de kruising van het Amsterdam – Rijnkanaal. De toeritten van de tunnel worden in-situ uitgevoerd als open bakconstructie. Bij de niet-boortunnelvarianten wordt de tunnel, ongeacht de verdere uitvoeringsmethodiek, in het Amsterdam - Rijnkanaal gebouwd volgens de afzinkmethode.

Voor de bouw van de tunnel komen, na beoordeling van een aantal gebruikelijke en innovatieve technieken, in eerste instantie de volgende bouwmethoden in aanmerking:

- boormethode;
- in-situ-methode in een (onbemalen) waterdichte bouwkuip;
- U-polder (met overkapping);
- (geïndustrialiseerde) afzinkmethode;
- ITM (industriële tunnelbouwmethode), een variant op de boormethode.

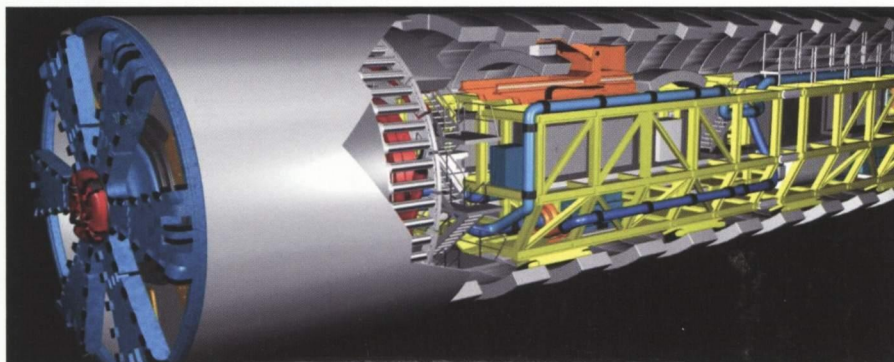
Vanwege te verwachten bouwtechnische complexiteit, de grote tijdelijke verstoring van het maaiveld en (bouwtechnische) onzekerheden zijn de laatste drie genoemde bouwmethoden niet verder onderzocht. De studie concentreert zich op de twee overige methoden, die hieronder worden beschreven.

Boormethode

De cilindrische tunnel wordt aangelegd met behulp van een tunnelboormachine (tbm). Aan de voorzijde daarvan zit een boorschild met een graafwiel. De ontgraven grond wordt afgevoerd naar het maaiveld. Aan het achtereinde van dit schild wordt de ronde tunnelwand gebouwd door met behulp van geprefabriceerde segmenten ringen achter elkaar te plaatsen. Tijdens de realisatie is in principe geen bemaling nodig; de tunnelboormachine is een waterdichte constructie. Om tijdens de aanleg en het gebruik voldoende gronddruk te hebben, ligt de boortunnel op een diepte van tenminste één maal de diameter.

In principe wordt per tunnelbuis één rijbaan aangelegd; een uitzondering hierop vormt een tunnel volgens de Parijse variant, waarbij de versmalde en verlaagde rijbanen boven elkaar in één tunnelbuis zijn geplaatst.

Figuur 2
Bouwmethodek boortunnel

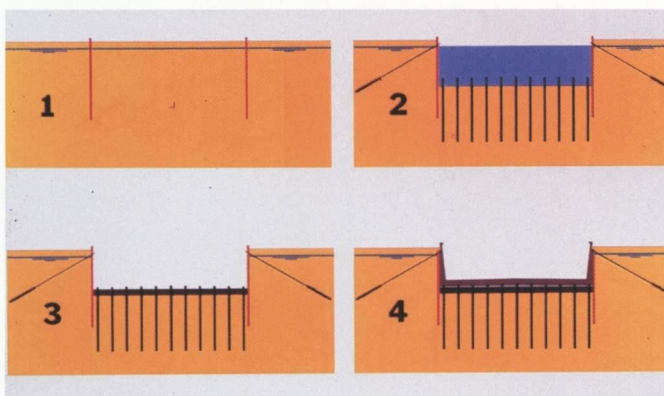


De ontwikkeling van de boortunneltechniek is de laatste jaren snel gegaan. Met de huidige technieken worden inmiddels tunneldiameters gerealiseerd van ongeveer 15m. Voorlopig lijkt het er echter op dat daarmee het maximum nagenoeg is bereikt. Vanwege constructie- en uitvoeringseisen en de huidige verwachtingen ten aanzien van de verdere ontwikkelingen van de techniek wordt, op basis van expert judgement, rekening gehouden met een maximale doorsnede van een tunnelbuis van 17m. Een groter profiel lijkt technisch en financieel niet verantwoord, mede omdat bij een grotere diameter de loze ruimte in het profiel en de vereiste diepteligging onaanvaardbaar groot worden. Voor het dwarsprofiel van een rijbaan betekent dit dat per rijbaan maximaal drie stroken kunnen worden aangelegd.

In-situ bouwmethode.

Bij deze bouwmethode worden de wanden van de bouwkuip gevormd door gestempelde of verankerde (tijdelijke) damwanden als grondkerende constructie. Een onderwaterbetonvloer met trekpalen fungeert als waterdichte bodemafsluiting. De tunnel wordt binnen de drooggepompte bouwkuip ter plaatse (in-situ) gebouwd en wordt gefundeerd op de reeds aangebrachte palen. Na realisatie wordt de ruimte tussen de constructie en de damwand aangevuld, kunnen de damwanden worden verwijderd en wordt het maaiveld hersteld. Tijdens de verdere uitvoering is geen bemaling nodig.

Figuur 3
Bouwmethodek in-situ-tunnel



Bij deze bouwmethode zijn grotere breedten van de rijkoker mogelijk dan bij de boormethode. De maximale breedte van de totale constructie bedraagt ongeveer 50m.

2.2 Inventarisatie van tunnelvarianten

2.2.1 Toelichting op de ontwikkeling van varianten

Bij de ontwikkeling en de selectie van tunnelvarianten, is getracht om een zo groot mogelijk range van varianten te beschouwen binnen de randvoorwaarden en uitgangspunten ten aanzien van omgeving en techniek. Gezocht is naar onderscheidende varianten door te variëren met de toepassing van het aantal tunnelbuizen, het aantal rijstroken, het al dan niet toepassen van vluchtstroken en het al dan niet toepassen van langsvluchtgangen.

Bij de selectie van varianten is er vervolgens rekening mee gehouden dat in de technische haalbaarheidsstudie zoveel mogelijk informatie over de technische (on)mogelijkheden van een tunnelverbinding tussen de A6 en de A9 kon worden verkregen.

2.2.2 Boortunnelvarianten

Naast een onderscheid in aantal tunnelbuizen (één tot drie), aantal rijbanen (één tot vier), het aantal stroken per rijbaan (twee of drie), wel of geen vluchtstrook, is bij de boortunnelvarianten de afgescheiden langsvluchtgang een onderscheidend element ten opzichte van rechtstreekse dwarsverbindingen. Door de toepassing van de langsvluchtgang kan de benodigde afstand tussen twee dwarsverbindingen worden vergroot van circa 100 à 150m naar ongeveer 250 à 500m. De tunneldiameter neemt in dat geval echter wel toe met circa 2m, omdat voor de extra langsvluchtgang van ongeveer 1,5 m breedte en de scheidingswand van 0,5m, meer ruimte binnen de tunneldiameter nodig is.

.....
Interieur boortunnel



Bij toepassing van drie tunnelbuizen is de middelste buis als wisselkoker gebruikt, als extra rijbaan voor verkeer in de drukste richting.

Naast boortunnelvarianten met een conventioneel ingericht dwarsprofiel zijn drie bijzondere varianten ontwikkeld:

- een tweetal varianten waarin opgenomen twee boven elkaar liggende verlaagde en versmalde rijbanen - niet toegankelijk voor vrachtauto's - binnen één tunnelbuis, de zogenaamde 'Parijse' varianten;
- één variant bestaande uit twee overlappende tunnelbuizen waarbinnen twee - door een middentunnelkanaal fysiek van elkaar gescheiden - rijbanen zijn opgenomen, de zogenaamde double-O variant.

In totaal zijn elf boortunnelvarianten geïnventariseerd.

2.2.3 In-situ-tunnelvarianten

Bij de in-situ-tunnelvarianten is de afgescheiden langsvluchtgang een relatief eenvoudig te realiseren voorziening, die in Nederland standaard wordt toegepast. Oplossingsrichtingen onderscheiden zich van elkaar door variatie in het aantal tunnelkokers, de inrichting van het dwarsprofiel met betrekking tot het aantal rijstroken, het al dan niet toepassen van een vluchtstrook en de indeling van de rijrichting. Bij de toepassing van drie rijkokers is de middelste ingericht met een wisselrijbaan.

Ook voor een in-situ-tunnel is een bijzondere variant ontwikkeld, namelijk een Parijse variant, waarbij rijbanen boven elkaar worden aangelegd binnen één koker. De vrije hoogte wordt dan verlaagd en de toegang tot de tunnel wordt exclusief beperkt tot personenauto's bij een lage snelheid (70km/u). Dit resulteert in een compacte, maar relatief complexe tunnel.

In totaal zijn acht in-situ-tunnelvarianten geïnventariseerd.

.....
Interieur in-situ-tunnel



2.2.4 Motivatie selectie

Uit de negentien geïnventariseerde tunnelvarianten is een zevental te onderzoeken varianten geselecteerd op basis van realiseerbaarheid en oplossend vermogen. Daarbij was het doel om een selectie samen te stellen waaruit zoveel als mogelijk informatie over de technische haalbaarheid is af te leiden, rekening houdend met:

- het al dan niet toepassen van vluchtstroken en langsvluchtgangen;
- overwegingen met betrekking tot het vluchtregime;
- maximaal toe te passen boordiameter of constructiebreedte;
- onderzoek naar innovatieve tunnelontwerpen.

In verband met het kwetsbare open gebied ligt bij de selectie van tunnelvarianten de nadruk op boortunnelvarianten. Van in-situ-tunnelvarianten mag worden aangenomen dat de (tijdelijke) verstoring van de omgeving groter zal zijn, dan bij boortunnelvarianten. Daarbij is tussen de boortunnelvarianten de meeste technische differentiatie te verwachten.

2.2.5 Onderzoeksvarianten

Van de geselecteerde tunnelvarianten geeft tabel 1 de meest in het oog springende kenmerken weer.

Tabel 1
Kenmerken van de geselecteerde tunnelvarianten

variant	benaming	aantal rijstroken	vluchtstrook	langs-vluchtgang	dwars-verbinding
BT-1	boor conventioneel	2x2 ¹⁾	ja	nee	100-150m
BT-2	boor conventioneel	2x2 ¹⁾	nee	2 1 per buis	250-500m
BT-3	boortunnel met wisselstrook	3x2 ¹⁾	ja	nee	100-150m
BT-4	boortunnel double-O	4x2 ²⁾	nee	2 1 per 2 buizen	n.v.t.
BT-5	boortunnel Parijse variant	2x2 ³⁾	ja	1 tussenverdieping	n.v.t.
IST-1	in-situ tunnel	2x2	ja	1 in middenkanaal	n.v.t.
IST-2	in-situ met wisselkoker	3x2	ja	2 in middenkanalen	n.v.t.

Opmerkingen bij tabel 1:

BT - boortunnelvariant;

IST - in-situ-tunnelvariant;

¹⁾ één rijkoker binnen één tunnelbuis;

²⁾ twee rijkokers horizontaal binnen één dubbele tunnelbuis;

³⁾ twee rijkokers verticaal binnen één tunnelbuis.

Opgemerkt wordt nog dat variant BT-4 tevens als enkele double-O tunnel kan worden uitgevoerd en dan vergelijkbaar is met variant BT-2.

2.2.6 Nadere uitwerking

De geselecteerde tunnelvarianten zijn, op basis van technische detaillering en voortschrijdend inzicht door verder onderzoek (zie hoofdstuk 3), vervolgens nader uitgewerkt. Dat leverde het volgende resultaat op:

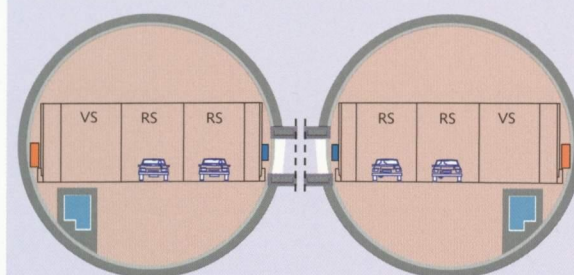
- vanuit veiligheidsoverwegingen dienen bij alle tunnelvarianten elke 100m vluchtdeuren te worden toegepast (zie paragraaf 3.3.2);
- bij varianten zonder langsvluchtgang worden elke 100m dwarsverbindingen toegepast in combinatie met vluchtdeuren;
- bij varianten met langsvluchtgang worden elke 500m dwarsverbindingen toegepast;
- de benodigde (grote) diameter leidt ertoe dat de technische haalbaarheid van de double-O tunnel (BT-4) vooralsnog in twijfel wordt getrokken, hiernaar is nader onderzoek nodig;
- ten gevolge van het innovatieve karakter is nader onderzoek nodig naar het profiel van ruimte in relatie tot onder andere voertuigafmetingen van de Parijse variant (BT-5). Deze variant wordt vooralsnog echter wel haalbaar geacht.

De uitgewerkte tunnelvarianten zijn in dwarsprofiel weergegeven in de figuren 4a, 4b en 5.

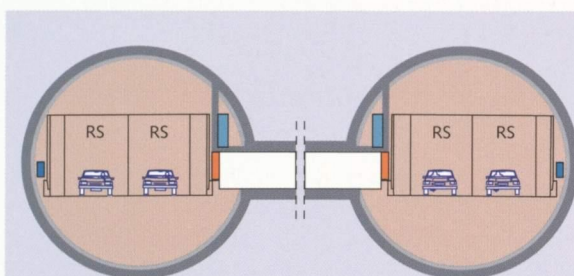
Figuur 4a

Uitgewerkte dwarsprofielen conventionele boortunnelvarianten

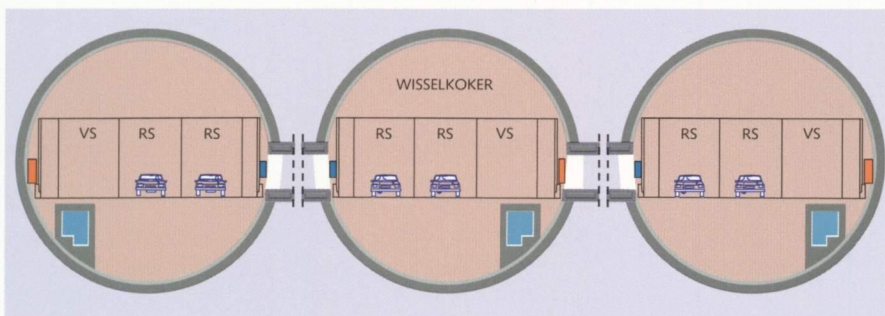
BT-1



BT-2

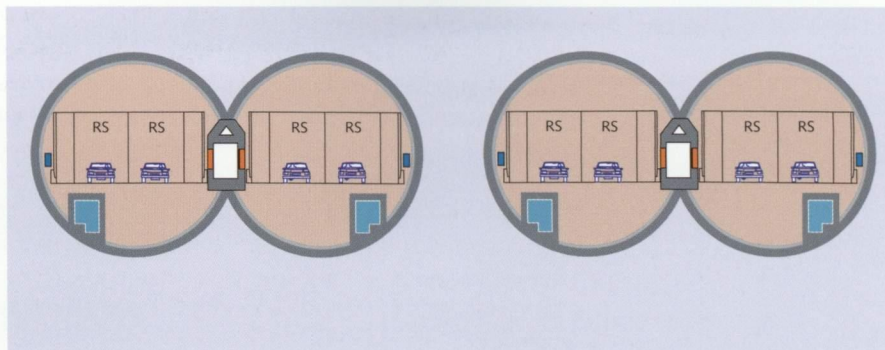


BT-3

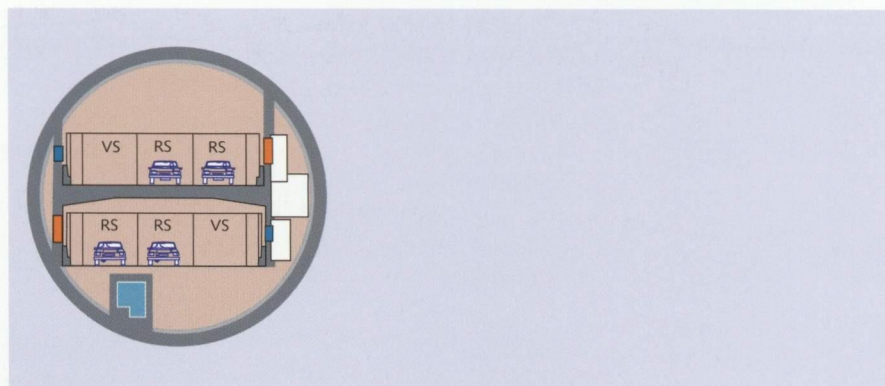


Figuur 4b
Uitgewerkte dwarsprofielen
innovatieve boortunnelvarianten

BT-4

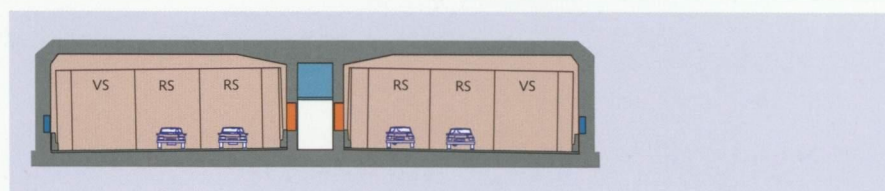


BT-5

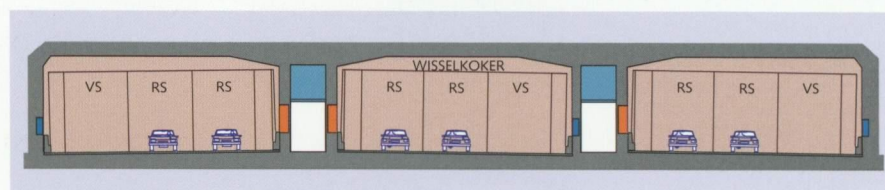


Figuur 5
Uitgewerkte dwarsprofielen
in-situ-tunnelvarianten

IST-1



IST-2



Er bestaat een voorkeur voor de toepassing van vluchtstroken in het dwarsprofiel, vanwege de grote lengte van de tunnel in relatie tot incidentmanagement, congestiegevoeligheid en veiligheid. De toegepaste vluchtstroken zijn in het dwarsprofiel opgenomen als volwaardige strook, waarmee het mogelijk is om in de toekomst de vluchtstroken om te bouwen tot spitstrook of rijstrook.

2.3 Horizontaal tracé

2.3.1 Toelichting op de ontwikkeling van horizontale tracés

Bij de inpassing van de tracés blijkt dat de kruising met de spoorlijn Amsterdam – Hilversum, en dan met name de kruising met de Flevoboog en de Gooiboog complex is. Vanwege de omvangrijke civieltechnische constructies vormen deze bogen een massief obstakel voor de inpassing van de tunnelverbinding. De fundering van de Gooiboog steekt bijvoorbeeld tot ruim 17m onder het maaiveld.

Verder is de inpassing van het tunneltracé onder de ter plaatse sterk meanderende rivier de Vecht en de bebouwde kom van Weesp belangrijke aandachtspunt. Mede vanwege de (cultuur-)historische objecten in Weesp, leidt een tracé al snel tot een ontwerp met een complexe uitvoering of omvangrijke preventieve voorzieningen.

Een laatste belangrijk element voor de inpassing van de horizontale tracés betreft de vormgeving van de knooppunten waarop het wegvak moet aansluiten. Met name de vormgeving van knooppunt Muiderberg is daarbij bepalend. Uitbreiding op basis van het bestaande knooppunt of een volledige reconstructie leidt tot verschillende tracés.

In totaal zijn zes tracés ontwikkeld, die aansluiten op een uitgebreide variant van het huidige knooppunt Muiderberg. De eerste twee tracés zijn bij uitstek geschikt voor een boortunnelvariant:

- kortste tracé, onder de bebouwing van Weesp;
- kortste tracé, onder onbebouwd gebied en onder de Gooiboog.

Bouwen van een in-situ-tunnel onder bebouwd gebied is niet mogelijk. In-situ bouwen onder de Gooiboog is zeer complex. De overige tracés en varianten daarop zijn geschikt voor een in-situ-tunnel, maar daarmee niet direct ongeschikt voor boortunnelvarianten:

- tracé tussen de constructies van de Gooiboog en de Flevoboog door;
- zuidelijk tracé om de constructie van de Gooiboog heen, met de volgende subvarianten:
 - zo kort mogelijk;
 - haaks onder de Vecht, met iets krappere boogstralen;
 - met ruime boogstralen.

Van de tracés is de lengte bepaald tussen het (arbitraire) midden van de knooppunten Muiderberg (A1/A6) en Holendrecht (A2/A9). De exacte lengte van het gesloten tunneldeel is in dit stadium nog niet aan te geven. Dit is afhankelijk van onder meer de uitwerking van ROA-eisen, toeritconstructies en verticaal alignement. Een eerste schatting is dat het gesloten deel van de tunnel ongeveer 7 (boortunnel) tot 7,5km (in-situ-tunnel en Parijse variant) zal zijn.

2.3.2 Selectie en optimalisatie van boortunneltracé

Het boortunneltracé onder de bebouwing van Weesp is niet verder onderzocht, vanwege de grote vermeende complexiteit en het relatief geringe 'lengte-voordeel' dat daar tegenover staat. De verwachting is dat de tunnel over grote lengte zeer diep moet worden aangelegd ter voorkoming van bodemverzakkingen en mogelijk daaruit voortvloeiende schade aan bebouwing. Daarnaast zouden dure mitigerende maatregelen nodig zijn.

Het kortste tracé onder onbebouwd gebied lijkt bij uitstek geschikt voor een boortunnelvariant. De lengte tussen de knooppunten is slechts een kleine 100m langer dan het veel risicovoller tracé onder Weesp. Wel kruist dit tracé de Gooiboog, waardoor net als bij het kortste tracé een diepe ligging over grote lengte nodig is. Ingeschat is echter dat dit tracé ondanks de grotere lengte aanzienlijk goedkoper en minder complex zal zijn dan het tracé onder de bebouwing van Weesp.

Het tracé onder onbebouwd gebied kan zowel op een uitgebreid knooppunt Muiderberg worden aangesloten als op een gereconstrueerd knooppunt Muiderberg (zie daarvoor paragraaf 2.5.2). Hiervoor is dan een geringe aanpassing in zuidelijk richting nodig. In het verdere verloop van de technische haalbaarheidsstudie is dit tracé gekozen voor de uitwerking van boortunnelvarianten.

2.3.3 Selectie en optimalisatie van in-situ-tunneltracé

Het tracé voor een in-situ-tunnelvariant dat tussen de bakconstructies van de Flevoboog en de Gooiboog wordt geprojecteerd, lijkt geschikt voor aansluiting op een uitbreiding van knooppunt Muiderberg. Daarnaast is het tracé gunstig gelegen ten opzichte van het Naardermeer, namelijk daar relatief ver vandaan. De toe te passen boogstralen zijn echter vrij krap, waardoor ten behoeve van de benodigde zichtlengte een bochtverbreding van maximaal 1,70m per rijkoker nodig is. Met dit tracé lijkt aansluiting op het gereconstrueerde knooppunt Muiderberg, inclusief alle noodzakelijk wegverbindingen, niet mogelijk.

Een ander geselecteerd in-situ-tunneltracé buigt vanaf knooppunt Muiderberg relatief ver naar het zuiden en kruist daardoor de Vecht onder een haakse hoek. Bij aansluiting op het uitgebreide knooppunt Muiderberg, is vanwege de krappe boogstralen ook in dit geval een bochtverbreding van maximaal 1,70m nodig.

Met een geringe verschuiving van het tracé verder in zuidelijke richting is tevens aansluiting op het gereconstrueerde knooppunt Muiderberg mogelijk, zonder dat bochtverbreding nodig is. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat dan de noordgrens van het natuurreservaat Naardermeer wordt geraakt. Omdat echter volwaardige aansluiting van het noordelijk tracé op knooppunt Muiderberg niet mogelijk is, is in het verdere verloop van de haalbaarheidsstudie het iets in zuidelijke richting verschoven tracé gekozen voor de uitwerking van in-situ-tunnelvarianten.

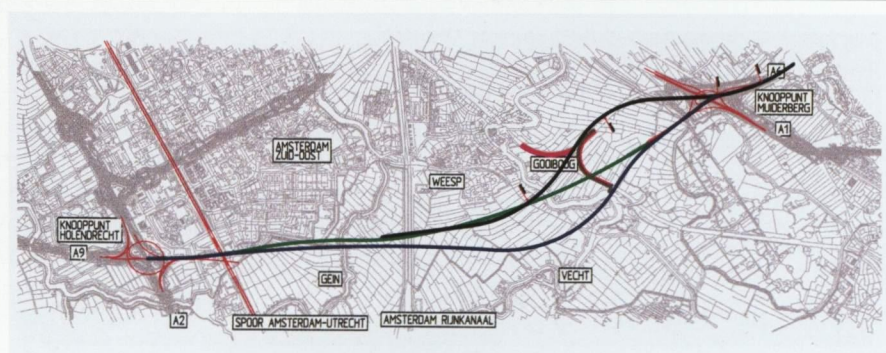
De twee overige zuidelijke tracés hebben met name vanwege een ligging onder de Vecht over grote lengte (respectievelijk 400 en 900m) technische bezwaren die het haakse tracé niet heeft of in veel mindere mate.

2.3.4 Weergave van de geselecteerde tracés

De geselecteerde tracés voor zowel de boortunnel- als de in-situ-tunnelvarianten zijn weergegeven in figuur 6 en 7, voor aansluiting respectievelijk op het uitgebreide knooppunt Muiderberg en het gereconstrueerde knooppunt Muiderberg.

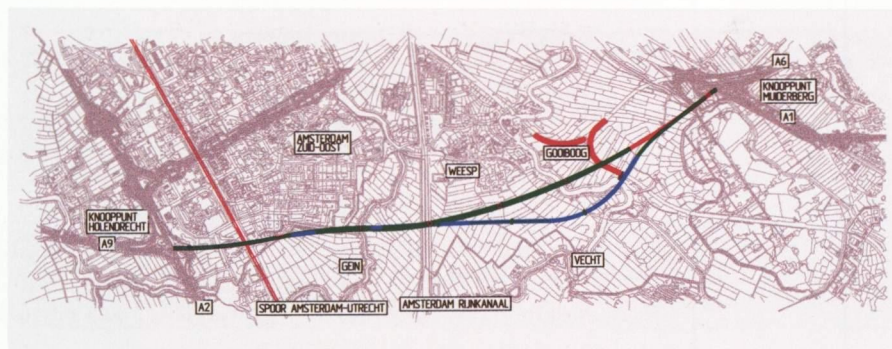
Figuur 6
Horizontale tracés aangesloten op uitgebreid knooppunt

— in-situ-varianten
— boortunnelvariant



Figuur 7
Horizontale tracés aangesloten
op gereconstrueerd knooppunt

— in-situ-variant
— boortunnelvariant



2.4 Verticaal alignement

2.4.1 Toelichting op de ontwikkeling van verticale alignementen

De twee uiteindelijk geselecteerde horizontale tracés die aansluiten op het gereconstrueerde knooppunt Muiderberg, vormen het vertrekpunt voor de ontwikkeling van verticale alignementen. Daarbij is uitgegaan van de situatie waarin de verbinding A6/A9 boven zowel de A1 als de A2 ligt.

De alignementen zijn verder geoptimaliseerd met het oog op het wegontwerp. Daarbij wordt speciale aandacht geschonken aan kruisingen met spoor- en waterwegen en de aansluiting op de knooppunten Holendrecht en Muiderberg

Overige tracébepalende elementen hebben te maken met verkeersveiligheid, maximale hellingspercentages, benodigde gronddekking op de tunnel, zichtlengtes en afwatering.

De maximale lengte van het gesloten deel van de tunnel is bepaald door de (minimale) afstand die het verkeer nodig heeft om vanaf het knooppunt weer in een rustig verkeersbeeld terug te keren, alvorens de tunnel wordt binnengegaan. De lengte van het open tunneldeel of toerit bedraagt daardoor ongeveer 1.500m aan weerszijden. Bij de Parijse variant kan dit in verband met de lagere ontwerp-snelheid circa 200 (bovenste rijbaan) respectievelijk 350m (onderste rijbaan) korter zijn. Ook de verbindingswegen in de knooppunten kunnen dan compacter worden vormgegeven.

Teruggerekend is de lengte van het gesloten tunneldeel dan zo'n 6.900 (boortunnel) tot 7.400m (in-situ-tunnel) en 7.500m voor de Parijse tunnelvariant. Over de tunnellengte bevindt zich ongeveer elke 1.400 à 1.500m een verticale schacht voor ventilatie en het onderbrengen van vluchtwegen naar het maaiveld.

Uitgangspunt is dat de weg in de tunnelbak vanaf de knooppunten zo snel mogelijk daalt tot ongeveer 6m onder het maaiveld, om de weg en het verkeer aan het oog te onttrekken. Hierdoor is de ligging van de toeritten over grote lengte nagenoeg horizontaal, waardoor voor de afvoer van hemelwater extra voorzieningen nodig zijn.

Voor de afvoer van de beperkte hoeveelheden lekwater en (brandbare) vloeistoffen bij calamiteiten, kan in het gesloten tunneldeel worden volstaan met een helling van circa 1:600 (0,16%).

2.4.2 Boortunnelalignementen

Variant BT-1 t/m BT-4

Bij de vaststelling van het alignement is alleen uitgegaan van de grootste diameter. Overige varianten zijn niet maatgevend en zullen slechts marginaal afwijken.

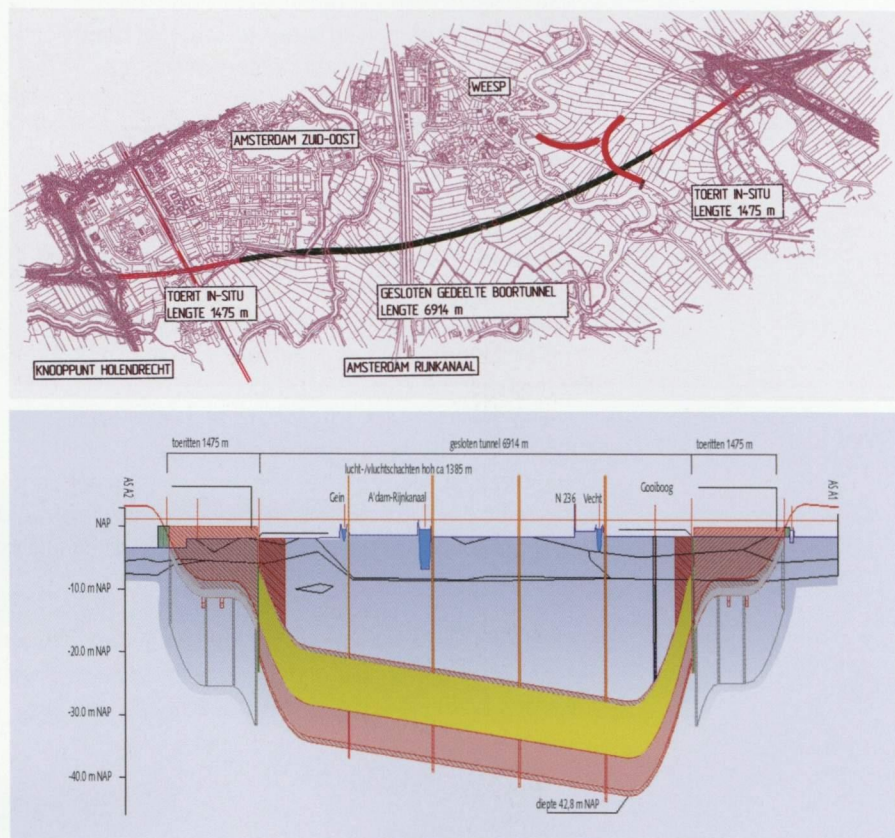
Zowel onder het open veld als onder de waterkruisingen bedraagt de gronddekking op de tunnelbuis van een boortunnel tenminste de diameter van de buis. Bij de kruising van de Gooiboog moet de bovenkant van de buis tenminste 5 m onder de fundering doorvoeren. Het wegniveau in de boortunnel komt dan ongeveer op NAP-33m te liggen.

Gestreefd is om maximale hellingspercentages toe te passen, zonder dat de richtlijn voor de terugval in rijsnelheid voor zware vrachtauto's wordt overschreden. In dit geval wordt aan de richtlijn voldaan bij een maximale helling van ongeveer 4%. De gronddekking bij de uiteinden van de tunnel bedraagt dan ongeveer 4m, minder dan één maal de tunneldiameter. Daarom dient de grond ter plaatse te worden gestabiliseerd.

Om vanaf het diepste punt onder de Gooiboog met één lange helling van 1:600 bij knooppunt Holendrecht op de A9 te kunnen aansluiten, blijkt niet de Gooiboog, maar de benodigde gronddekking onder het Amsterdam - Rijnkanaal maatgevend. Dat betekent dat het diepste punt van het wegniveau op ongeveer NAP-37m komt te liggen op circa 400m ten westen van de Gooiboog.

Het ontworpen verticale alignement voor de boortunnelvarianten BT-1 tot en met BT-4 is weergegeven in figuur 8. Ter oriëntatie is in de figuur tevens de projectie van het tracé weergegeven. In de weergave van het verticaal alignement is ter verduidelijking het verloop van de hoogteligging verschaald weergegeven. De lengte van het gesloten tunneldeel is ongeveer 6.900m.

Figuur 8
Verticaal alignement (BT-1 t/m BT-4) inclusief bovenaanzicht



Variant BT-5, de Parijse variant

In principe zijn de twee boven elkaar liggende verticale alignementen van het gesloten tunneldeel van de Parijse variant globaal gelijk aan het in figuur 8 weergegeven alignement. De toegepaste verticale boogstralen voldoen ook bij de beperkte hoogte van de onderste rijbaan aan de vereiste zichtlengtes.

Voor de Parijse variant kan een lagere ontwerpsnelheid worden toegepast. Daardoor is de vormgeving van de knooppunten compacter en de lengte van de toeritten korter. Als gevolg daarvan is de lengte van het gesloten tunneldeel groter dan voor de overige vier boortunnelvarianten, namelijk ongeveer 7.500m. In de toeritten worden de rijbanen van horizontaal naast elkaar tot verticaal boven elkaar gebracht. Hoe dit precies wordt vormgegeven is niet verder uitgewerkt.

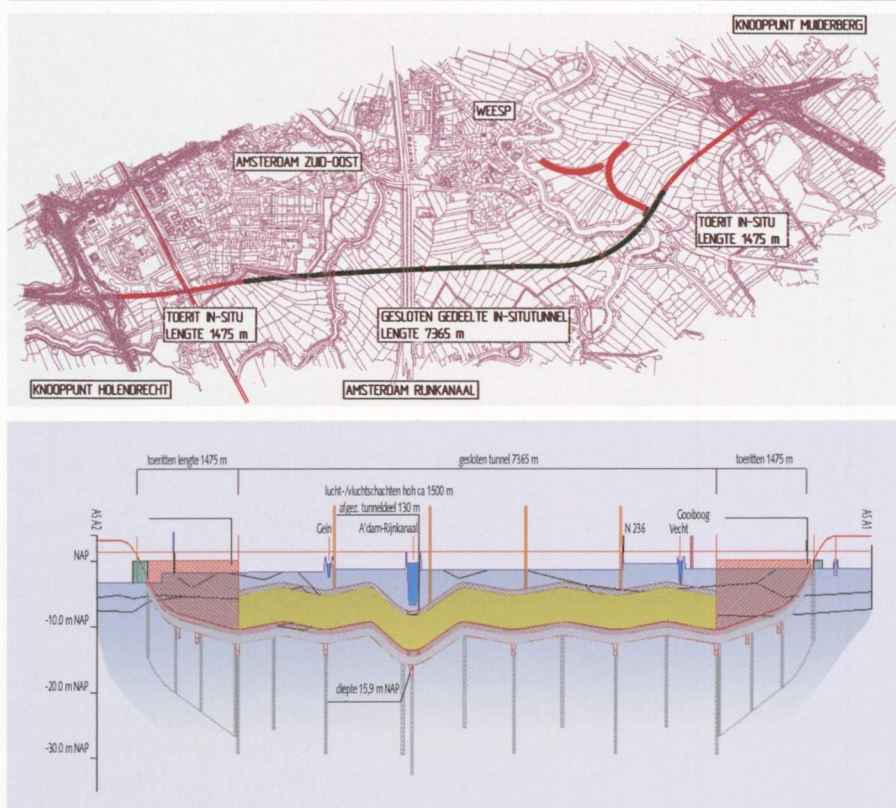
2.4.3 In-situ-tunnelalignementen

De maatgevende diepte voor de in-situ-tunnelvarianten IST-1 en IST-2 is bepaald door de benodigde gronddekking van ruim 1m op de tunnel onder het bodemniveau van het Amsterdam – Rijnkanaal. Het laagste niveau van het wegdek bedraagt in dat geval ongeveer NAP-15m. Onder het open veld is overal een minimale dekking van 2m aangehouden, zodat bestaande infrastructuur op een goede wijze kan worden hersteld.

Om de ligging bij de vereiste helling van 1:600 (in verband met de afwatering) in het gesloten deel van de tunnel toch zo dicht mogelijk onder het maaiveld te houden, is in eerste instantie uitgegaan van een golvend alignement. Hierbij is het hoogteverschil tussen de toppen ter plaatse van de verticale schachten en de dalen ter plaatse van de waterkelders ongeveer 1,30m.

Dit verticale alignement is weergegeven in figuur 9. Het gesloten tunneldeel is ongeveer 7.400m lang.

Figuur 9
Verticaal alignement (IST-1 en IST-2) inclusief bovenaanzicht

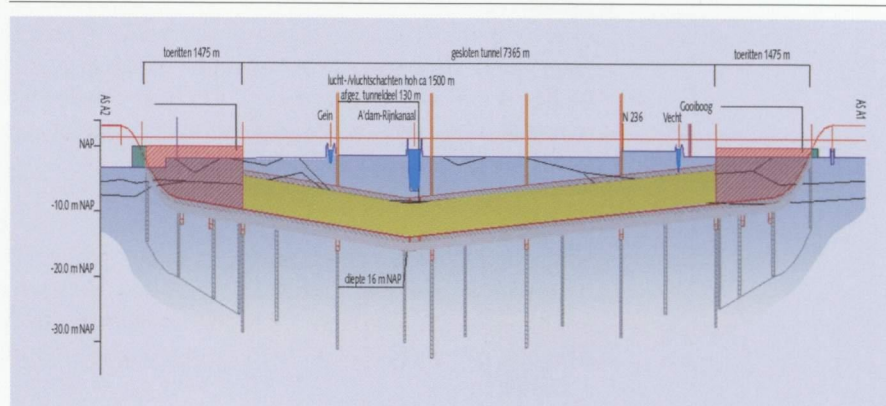


Het ontworpen verticaal alignement wordt verkeerskundig als niet optimaal beschouwd, omdat het zicht in de tunnel door het golvende alignement enigszins wordt beperkt.

Als alternatief is daarom een alignement ontworpen waarbij het hoogteverschil tussen de uiteinden van het gesloten tunneldeel en de maatgevende diepte onder het Amsterdam – Rijnkanaal met een constante helling wordt overbrugd. De afwatering van de (volgens de uitgangspunten te flauwe) westelijke helling van 1:1000 is relatief eenvoudig op te lossen.

De ligging van het alternatieve alignement is gemiddeld 1,50m dieper dan van het in figuur 9 gepresenteerde tracé. Het alternatieve verticale alignement voor de in-situ-tunnelvarianten is weergegeven in figuur 10. Het gesloten deel van de tunnel is ongeveer 7.400m lang.

Figuur 10
Alternatief verticaal alignement
(IST-1 en IST2)



2.5 Vormgeving knooppunten

2.5.1 Ontwerpcriteria

De verkeersprognose voor het planjaar 2020 op basis van het zogenaamde Noordvleugelmodel⁽⁹⁾ was het uitgangspunt voor het zoeken naar ontwerp mogelijkheden voor de knooppunten. Daaruit blijkt dat bij knooppunt Muiderberg een verschuiving van de hoofdrichting optreedt, van de verbinding tussen Amsterdam (A1) en 't Gooi (A1) naar de verbinding tussen Amsterdam (A1) en Flevoland (A6). De verkeersstromen op knooppunt Holendrecht ontwikkelen zich evenwichtig.

Dit resulteert er in dat knooppunt Muiderberg in ieder geval moet worden uitgebreid met de ontbrekende verbindingen, maar bij (verkeerskundige) voorkeur eveneens geheel dient te worden gereconstrueerd. Knooppunt Holendrecht moet met nieuwe verbindingen van en naar de tunnel worden uitgebreid.

Bij het herontwerpen van de knooppunten is verder bepalend geweest dat het knooppunt logisch dient aan te sluiten op het dwarsprofiel van de tunnel. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de dwangpunten in de omgeving, zoals beschreven in paragraaf 2.1.1. Het landschap dient zo min mogelijk te worden aangetast en er moet kostenbewust worden ontworpen.

Knooppuntontwerpen voor de Parijse variant zijn niet verder in detail uitgewerkt. De redenering is dat als voor een variant met ontwerpsnelheid 120km/u een oplossing kan worden ontwikkeld, dit - ondanks de meer complexe knooppunt-

vorm en toeritten - voor een Parijse variant ook mogelijk moet zijn, vanwege de lage ontwerpsnelheid en het daardoor veel compacter ontwerp.

Het gefaseerd ombouwen van de knooppunten, waarbij het verkeer niet wordt gestremd, is een onderwerp voor nader onderzoek.

2.5.2 Muiderberg (A1/A6)

Ontwerpvarianten

De bestaande vormgeving van het knooppunt kan zoveel mogelijk worden gehandhaafd en met relatief weinig aanvullende infrastructuur worden uitgebreid; dit is het uitgebreide knooppunt genoemd. In dat geval ontstaan echter grote weefvakken en een daardoor onrustig verkeersbeeld. De vormgeving van het knooppunt zal voor verkeersdeelnemers mogelijk niet logisch aandoen en daardoor gevoelig zijn voor filevorming.

Meer voor de hand ligt een reconstructie die rekening houdt met het verschuiven van de hoofdstroomrichtingen in het knooppunt; dit is het gereconstrueerde knooppunt genoemd. Daarbij is onderscheid te maken in een hoog en een laag ontwerp. Bij het hoge ontwerp ligt de verbinding Flevoland – Haarlemmermeer op het hoogste niveau. Bij het lage ontwerp ligt deze op het laagste niveau, dus onder de A1/A6.

Het knooppunt wordt niet compleet aangelegd. De verbinding tussen de tunnel en Amsterdam (A1) is namelijk niet in te passen zonder een grootschalige reconstructie van de A1. Gezien het zeer geringe te verwachten gebruik is hiervan afgezien en is ervoor gekozen de verbinding niet te faciliteren.

Het hoge ontwerp heeft als voordeel dat de verbinding naar de tunnel logisch en relatief eenvoudig is in te passen in het knooppunt. Nadeel is dat de reconstructie kostbaar is in vergelijking met uitbreiding. Daarnaast leidt het hoge ontwerp tot een grotere aantasting van het landschap. Het lage ontwerp leidt tot minder (visueel) landschappelijke aantasting dan het hoge ontwerp, maar zal ook duurder zijn dan het hoge ontwerp, mede omdat mogelijk aanvullende voorzieningen ten behoeve van de waterhuishouding nodig zijn.

Voor het vervolg van de technische haalbaarheidsstudie is bij het onderzoek naar alignementen en dergelijke uitgegaan van een hooggelegen knooppunt Muiderberg. Deze knooppuntvorm is in figuur 11 schematisch weergegeven.

Figuur 11
Weergave van het hooggelegen
knooppunt Muiderberg (A1/A6)



Wisselstroken

Varianten waarbij in het dwarsprofiel een wisselbaan is opgenomen worden bij voorkeur gecombineerd met het 'hoge' knooppunt. Aangenomen is dat de kosten voor een wisselbaan in combinatie met een laag knooppunt, niet opwegen tegen het mogelijke landschappelijk voordeel.

In de technische haalbaarheidsstudie is voor varianten met een wisselbaan uitgegaan van het hooggelegen knooppunt Muiderberg.

2.5.3 Holendrecht (A2/A9)

Ontwerpvarianten

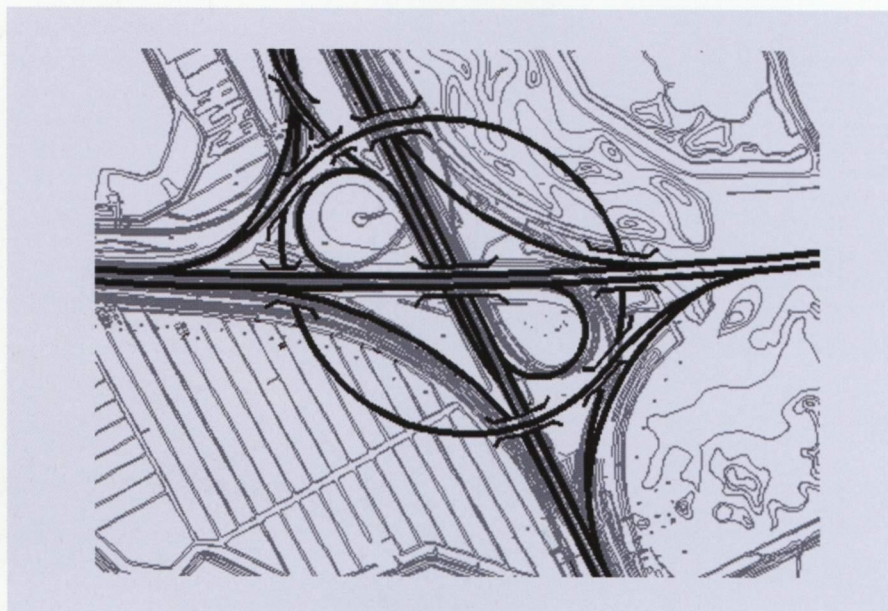
Knooppunt Holendrecht bestaat uit twee afzonderlijke delen, noord en zuid. De tunnel sluit aan op het zuidelijk deel. Op basis van de geprognosticeerde ontwikkeling van de verkeersstromen, leidt een nieuw ontwerp logischerwijs tot een halve turbine-oplossing, met fly-overs op de richtingen Utrecht – Haarlemmermeer en Amsterdam – Flevoland. Daarbij is het niet mogelijk om de bestaande aansluiting Meibergdreef in het knooppunt te handhaven; deze komt dus te vervallen. Variatie in knooppuntontwerpen ontstaat door de wijze van kruisen van de hoofdrijbanen.

Er is net als voor knooppunt Muiderberg onderscheid gemaakt tussen een hooggelegen ontwerp waarin de A9 over de A2 heen gaat, en een laaggelegen ontwerp waarin de A9 onder de A2 doorgaat. Het hoge ontwerp heeft als voordeel dat zo veel mogelijk gebruik kan worden gemaakt van bestaande infrastructuur. Het is dus een relatief goedkoop ontwerp. Nadeel is echter dat de A9 tussen het knooppunt en de tunnel een groot hoogteverschil moet overwinnen, wat leidt tot aantasting van het landschap. Het lage ontwerp heeft het voordeel van een goede landschappelijke inpassing. Nadeel is echter dat daarvoor relatief veel nieuwe infrastructuur nodig is, wat resulteert in hogere aanlegkosten.

In de haalbaarheidsstudie is voor het uitwerken van alignementen en dergelijke uitgegaan van het hooggelegen knooppunt Holendrecht, zoals schematisch weergegeven in figuur 12.

Figuur 12

Weergave van het hooggelegen knooppunt Holendrecht (A2/A9)



Wisselstroken

Ook voor dit knooppunt geldt dat een ontwerp met in het dwarsprofiel een wisselbaan het best valt te combineren met het hoge ontwerp (waarbij de A6/A9 over de A1 heen gaat). In de haalbaarheidsstudie is ook voor varianten met een wisselbaan uitgegaan van een hooggelegen knooppunt Holendrecht.

2.6 Bijzondere tunnelvoorzieningen

2.6.1 Toeritten

De toerit is dat deel van het wegvak dat het begin of eind van de tunnel verbindt met de ligging van de weg tot op maatgevend waterkerend niveau. Dit deel van de weg wordt zowel bij knooppunt Muiderberg als Holendrecht aangelegd in een waterdichte betonnen trogconstructie (open bak), binnen een bouwkuip van damwanden, onderwaterbetonvloer en trekpalen (conform de in-situ-tunnel).

De samenvoeging van de verbindingswegen en hoofdrijbanen moet buiten het gesloten deel van de tunnel plaatsvinden. Het wegvak in de toerit is daarom relatief lang, namelijk ongeveer 1.500m. Om de weg en het verkeer aan het oog te onttrekken is dit weggedeelte ongeveer 6m onder het maaiveld voorzien. In verband met de benodigde invoegingen vanuit het knooppunt en de relatief grote breedte van de varianten, met name de boortunnels, is ook de breedte van de toeritten relatief groot.

Het vlakke deel van het weggedeelte in de beide tunnelbakken is vrijwel horizontaal. Om toch een goede afwatering te kunnen waarborgen, zijn de toeritten voorzien van extra waterkelders.

Tunneltoerit



2.6.2 Schachten

Start- en eindschacht boortunnelvarianten

Bij de aanleg van een boortunnel is een start- en ontvangtschacht nodig om de tunnelboormachine te kunnen opstellen en het boorproces te kunnen aanvangen, respectievelijk de machine te kunnen ontvangen en demonteren.

De onderlinge afstand en aanlegdiepte van deze schachten worden mede bepaald door de onderlinge afstand tussen de tunnelbuizen en de benodigde gronddekking op de tunnel. Beide bedragen normaal gesproken circa één maal de buisdiameter. Ter plaatse van de start- en eindschachten wordt de onderlinge afstand teruggebracht tot een half maal de buisdiameter en de diepte tot ongeveer 4m. Deze reducties zijn te bewerkstelligen door ter plaatse de slappe grond te stabiliseren om de draagkracht te verbeteren, bijvoorbeeld met behulp van cohesief zand. Hierdoor wordt de weerstand tegen opdrijven van de tunnel verhoogd en kan in de grond voldoende steundruk worden opgebouwd voor het boorproces. Tevens wordt hierdoor de beïnvloeding tussen de tunnelbuizen onderling beperkt.

Om met het boorproces te kunnen starten moet de tunnelboormachine zich kunnen afzetten. De afzetkrachten worden via een constructie van diepwand-funderingselementen overgebracht naar de ondergrond.

Tussenschachten boor- en in-situ-tunnelvarianten

Gezien de lengte van de tunnel zullen tussen het begin en eind van de tunnel tussenschachten moeten worden gerealiseerd.

Deze schachten dienen een meerledig doel. Primair zal via deze schachten de ventilatie van de tunnel worden gefaciliteerd, zowel voor de luchtverversing als voor de uitlaat van rook en gasen in geval van calamiteiten. Naast de hiervoor benodigde ventilatiekokers bieden de tussenschachten ruimte voor het realiseren van een vluchtweg naar het maaiveld, voor het onderbrengen van technische ruimtes en voor de toegang in geval van inspectie en onderhoudswerkzaamheden. Om het landschap ook tijdens de uitvoering zoveel mogelijk ongemoeid te laten, worden de schachten niet gebruikt voor logistieke doeleinden.

Aanduiding categorie 1 tunnel



De doorsnede van de schachten wordt bepaald door de maatvoering van de benodigde ventilatieopeningen in combinatie met de benodigde ruimte voor vluchtrampen en technische ruimten. Voor boortunnelvarianten worden de schachten per tunnelbuis uitgevoerd als een cilindrische diepwandkuip met een diameter van 26 tot 30m, waarbinnen de benodigde voorzieningen worden gerealiseerd. Bij in-situ-tunnelvarianten worden de voorzieningen in een verdiepte bouwkuip direct op of onder (waterkelders) de tunnel geplaatst.

Het onderbrengen van een verbinding tussen de tunnelbuizen ten behoeve van de uitwisseling van (auto)verkeer is niet voorzien. Met name voor boortunnelvarianten is dit zeer moeilijk te realiseren zonder uitgebreide aanvullende maatregelen. Als deze vorm van dwarsverbinding al aan de orde is, dan is een locatie ter plaatse van de verticale schachten het meest waarschijnlijk.

De exact benodigde onderlinge afstand tussen de schachten wordt bepaald door emissie-eisen en eisen ten aanzien van tunnelveiligheid. Hoofdstuk 3 gaat daar verder op in.

2.6.3 Dwarsverbindingen (boortunnelvarianten)

Tussen de tunnelbuizen van boortunnelvarianten worden dwarsverbindingen aangelegd. Deze dienen primair voor het bieden van een vluchtweg van de ene tunnelbuis (waarin zich een calamiteit voordoet) naar de andere buis (vrij van calamiteiten) en daarnaast als alternatieve toegangsweg voor hulpverlenende instanties.

De lengte van de dwarsverbindingen is gelijk aan de afstand tussen de tunnelbuizen en bedraagt ongeveer één maal de buisdiameter van de boortunnel. Bij de Parijse variant of de double-O tunnel worden geen dwarsbuizen voorzien. De vluchtweg wordt daar via de langsvluchtgang respectievelijk verticaal of horizontaal van de ene naar de ander tunnelkoker gerealiseerd.

Ook in-situ-tunnelvarianten hebben geen aparte dwarsverbindingen, omdat de rijkokers (via het middentunnelkanaal) met elkaar verbonden zijn.

Indien het dwarsprofiel van een tunnelvariant voorziet in een afgescheiden langsvluchtgang, dan wordt om de 500m volstaan met een dwarsverbinding. Zonder langsvluchtgang moeten dwarsverbindingen worden gerealiseerd om de 100m. In alle varianten bevindt zich in ieder geval elke 100m een vluchtdeur, al dan niet in combinatie met een dwarsverbinding.

2.6.4 Kruisingen met spoor- en waterwegen

Boortunnel

Voor de kruisingen van een boortunnelvariant met waterwegen geldt een minimale gronddekking van één maal de buisdiameter, net als voor de ligging onder het open veld. Tijdens en vlak na realisatie is wel regelmatige monitoring van de oeverconstructies noodzakelijk.

Ter plaatse van de kruising van de spoorlijn Amsterdam - Hilversum en de Gooiboog zal grondverbetering met behulp van injectie van groutlichamen worden toegepast. Hiermee wordt voorkomen dat zettingen kunnen optreden. Ook zal regelmatige monitoring van de eindsituatie noodzakelijk zijn in verband met het bewaken van mogelijke zettingen.

De kruising met de spoorlijn Amsterdam - Utrecht bevindt zich ter plaatse van de westelijke toerit. De vier bestaande sporen worden opgevangen met een ingeschoven troglijger. Zodra deze is geïnstalleerd kan daaronder de toerit worden gerealiseerd.

In-situ-tunnel

Voor de kruising van de Vecht en de Gein wordt uitgegaan van een gefaseerde bouw, waarbij tijdelijk globaal de helft van de vaarweg wordt geblokkeerd.

De bouwmethode mag de scheepvaart in het Amsterdam – Rijnkanaal niet gedurende langere periode hinderen, zodat hier wordt uitgegaan van een afzinkmethode. Daarbij wordt een tunnelelement van ongeveer 150m lengte in de bouwkuip van de in-situ-tunnel gebouwd en na gereedkomen vervolgens uitgevaren en afgezonken in een uitgebaggerde zinksleuf.

Ter plaatse van de kruising met de spoorlijn Amsterdam – Hilversum wordt gebruik gemaakt van tijdelijke hulpbruggen, waarna de spoorlijn definitief wordt gefundeerd op het gereedgekomen dak van de in-situ tunnel.

Voor de kruising met de spoorlijn Amsterdam – Utrecht wordt, net als bij de boortunnelvarianten, een troglijger ingeschoven voordat de toerit wordt gerealiseerd.

Bouwmethode Amsterdam-Rijnkanaal; opdrijven tunnel-element in bouwkuip



3 Andere onderwerpen van studie

3.1 Inleiding

In hoofdstuk 2 zijn met name beeldbepalende aspecten van de tunnelverbinding beschreven, zoals de bouwmethode, dwarsprofiel, alignement en bijzondere voorzieningen. Dit hoofdstuk gaat in op andere aspecten die in de technische haalbaarheidsstudie aan de orde zijn geweest. Meer specifiek gaat dit hoofdstuk in op kenmerken van de bodem, op tunnelveiligheid, op omgevingsaspecten en op kosten.

3.2 Geotechniek en hydrologie

3.2.1 Geotechniek

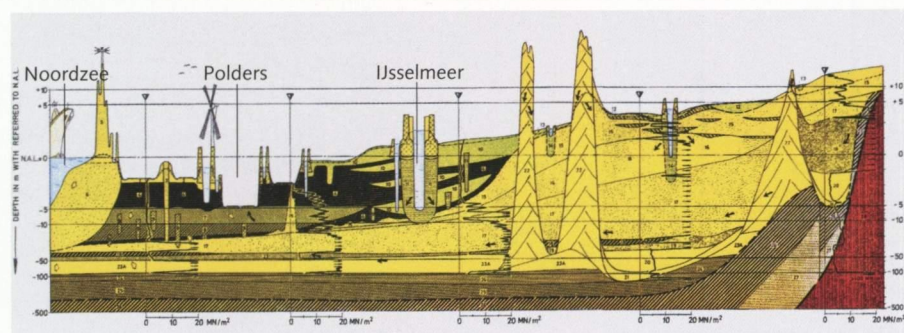
Op basis van een (beperkt) archiefonderzoek is vastgesteld, dat de bodem ter plaatse weinig bijzondere belemmeringen lijkt te hebben voor de bouw van een geboorde dan wel een in-situ gebouwde tunnel.

Van minimaal 2 tot maximaal 10m diepte bestaat de bodem uit een Holocene deklaag van klei en veen. Daaronder worden tot een diepte van circa 50m voornamelijk zandlagen aangetroffen. Net ten westen van knooppunt Holendrecht is op 50m diepte een ongeveer 10m dikke klei/leemlaag aangetroffen, die in oostelijke richting dunner wordt.

Aandachtspunten zijn plaatselijk aanwezige grindformaties en de op enkele locaties boven NAP-20m aangetroffen losse pakkingdichtheid van de grond. Deze punten zijn van belang voor het boorproces en eventueel voor de diepteligging van de tunnel. In een vervolgstudie dient dit nader te worden onderzocht.

Om het opdrijf risico van een boortunnel te kunnen bepalen is een globale evenwichtsbeschouwing opgesteld. Hierbij is bepaald dat, uitgaande van een over de lengte van het geboorde gedeelte aanwezige Holocene pakket van maximaal 8m dikte, de tunnel een dekking van minimaal 7m zand moet hebben. In combinatie met de bovenste klei- en veenlagen wil dat zeggen dat de bovenzijde van de boortunnel op minimaal NAP-16m dient te worden aangelegd en mogelijk nog dieper.

Geotechnisch profiel over Nederland



In enkele situaties is een afwijkende diepteligging van de boortunnel noodzakelijk.

- Ter plaatse van de start- en eindschachten geldt een minimale gronddekking van 4m. In dat geval is wel grondverbetering nodig, om instabiliteit aan het front van de boortunnelmachine en opdrijven van de tunnel te voorkomen.
- Ter plaatse van de kruising met de Gooiboog zal vermoedelijk grondverbetering, bijvoorbeeld met behulp van groutinjecties, nodig zijn ter voorkoming van zettingen. Vooralsnog wordt uitgegaan van tenminste 5m dekking tussen de tunnel en de onderkant van de funderingspalen.
- De diepte van het Amsterdam - Rijnkanaal bedraagt 4 à 5m met het bodemniveau op NAP-5,5m. De damwanden langs beide oevers staan tot een diepte van ongeveer NAP-12m. Om voldoende dekking te waarborgen is de bovenzijde van de tunnel op ongeveer NAP-20m geprojecteerd.

Voor de fundering van de constructies wordt over het algemeen uitgegaan van prefab betonpalen en lokaal van vibro-combipalen. Ter plaatse van de diepele- gen start- en ontvangtschachten van de boortunnel worden trekpalen met groutinjectie als fundering toegepast.

3.2.2 Hydrologie

Op basis van een (beperkt) archiefonderzoek is vastgesteld, dat de hydrologische situatie ter plaatse geen uitzonderlijke belemmeringen lijkt te hebben voor de bouw van een geboorde dan wel een in-situ gebouwde tunnel.

De geohydrologische opbouw van de bodem bestaat uit deklagen van klei en veen, waarin een polderpeil heerst, en een eerste en tweede watervoerend pakket. De deklagen bevinden zich tussen het maaiveld en een diepte variërend van 2 tot 12m onder maaiveld. De watervoerende pakketten liggen tussen de deklagen en een diepte variërend van 50 tot 200m onder maaiveld.

Het polderpeil bevindt zich ongeveer 0,50m onder maaiveld en varieert over de lengte van het tracé van NAP-1,35m aan de oostzijde tot NAP-4,50m aan de westzijde. De stijghoogte in het eerste en tweede watervoerende pakket varieert van NAP-1,50m tot NAP-3,50m.

Gezien de aanwezigheid van brak of zout grondwater, de grote diepte waarop een waterafsluitende laag wordt aangetroffen en de grote doorlatendheid van de zandlagen, zullen ontgravingen van enige omvang waarschijnlijk zonder bemaling moeten worden uitgevoerd. Dit is voor geen van beide bouwmethoden bezwaarlijk.

De stromingsrichting van het grondwater is overwegend van oost naar west, dus ongeveer parallel aan het tracé. Gegeven de dikte van het watervoerend pakket zal een eventuele boortunnel geen substantiële beïnvloeding geven van stijghoogten van het grondwater.

Waterlopen die hinder ondervinden van de aanleg of de aanwezigheid van de tunnel worden (zo mogelijk tijdelijk) omgelegd. De diepteligging van de tunnel is voldoende om bestaande waterbodems te kunnen herstellen.

3.3 Tunnelveiligheid

3.3.1 Toelichting bij de werkwijze

In de analyse over tunnelveiligheid zijn zowel interne¹¹⁾ als externe veiligheid¹²⁾ onder de loep genomen.

De interne veiligheid, de veiligheid van weggebruikers ten gevolge van incidenten in de tunnel, wordt doorgaans in beeld gebracht met twee risicomaten: de verwachtingswaarde¹³⁾ en het groepsrisico¹⁴⁾. De verwachtingswaarde is voor de haalbaarheid van de varianten van ondergeschikt belang en in die zin niet onderscheidend. Het groepsrisico is, bij gebrek aan een voorschrift, in de studie beoordeeld aan de hand van een van de norm voor de externe veiligheid afgeleide vergelijkingswaarde.

De verwachtingswaarde en het groepsrisico hebben een directe relatie met het toelatingsbeleid voor het vervoer van soortgroepen gevaarlijk stoffen. Hiervoor worden tunnels ingedeeld in één van de volgende drie categorieën:

- categorie 0, hierbij wordt in principe het vervoer van alle (gevaarlijke) stoffen toegelaten;
- categorie I, hierbij is het vervoer van explosieve stoffen zoals LPG niet toegestaan;
- categorie II, hierbij is, naast het vervoer van explosieven, ook het vervoer van zeer brandbare stoffen zoals benzine niet toegestaan.

Het vaststellen van de categorie-indeling van de tunnel is een politiek-bestuurlijke beslissing waarbij de economische effecten van het eventueel verloren gaan van de tunnel ten gevolge van een calamiteit een grote, doorgaans maatgevende, rol speelt.

Ten behoeve van externe veiligheid is met name gekeken naar het (mogelijke) risico dat de tunnel met zich meebrengt voor omwonenden in de directe omgeving. Hierbij is zowel gelet op de (gevaaren van de) aanwezigheid van de tunnel zelf, als op de gevolgen door het eventueel beperken of verbieden van vervoer van gevaarlijke stoffen door de tunnel. Vanwege het verkennende karakter van de technische haalbaarheidsstudie, zijn met betrekking tot de externe veiligheid vooralsnog geen berekeningen gemaakt, maar is de beschouwing vooral kwalitatief van aard.

Tot slot is een inventarisatie gemaakt van veiligheidsvoorzieningen die in de tunnel moeten worden genomen of aangebracht om te voldoen aan het gewenste veiligheidsniveau.

3.3.2 Interne veiligheid

Methodiek

Voor het berekenen van de verwachtingswaarde en het groepsrisico is door de Bouwdienst een model ontwikkeld, waarmee op eenvoudige wijze varianten zijn door te rekenen. Het model bevindt zich nog in de ontwikkelingsfase en is gebaseerd op een aantal aannames waarover (vooralsnog) geen consensus bestaat. Voorlopig is het model daarom vooral geschikt om varianten onderling te vergelijken en minder voor het afmeten aan een norm. Dat betekent echter niet dat het model niet of slecht bruikbaar is; het lijkt een redelijke graadmeter te kunnen zijn voor de mate van interne veiligheid.

Vanwege het ontbreken van een (wettelijke) norm of richtlijn voor de vereiste mate van interne veiligheid is in de technische haalbaarheidsstudie voor het groepsrisico een vergelijkingswaarde vastgesteld. Hiervoor is een waarde aangenomen die tien maal soepeler is dan de oriënterende waarde voor externe veiligheid (de veiligheid voor omwonenden van een weg). Van de eventuele toekomstige norm mag worden verwacht dat die soepeler zal zijn dan de norm voor externe veiligheid, omdat het rijden op een weg - en in het bijzonder in de tunnel - een veel grotere mate van vrijwilligheid kent dan het wonen in de omgeving van een (nieuw aan te leggen) tunnel of weg.

In eerste instantie zijn oriënterende groepsrisicoberekeningen gemaakt om de effecten van enkele variabelen te onderzoeken. Vervolgens zijn meer specifieke berekeningen gemaakt voor een aantal tunnelvarianten.

Oriënterende berekeningen

Bij de oriënterende berekeningen is bij de te onderscheiden tunnelcategorieën gevarieerd met de afstand tussen opeenvolgende vluchtdeuren, de afstand tussen ventilatieschachten, aanwezigheid van vluchtstroken, de verkeersintensiteit en de filekans. Tot slot is ook het effect van de tunnellenlengte bekeken.

De conclusies van de oriënterende berekeningen ten aanzien van het groepsrisico zijn:

- de categorie indeling van de tunnel heeft grote invloed op het groepsrisico, met name bij de grote slachtofferaantallen treden grote verschillen op;
- de invloed van de afstand tussen opeenvolgende vluchtdeuren is groot in het geval van vrachtwagenbranden en calamiteiten tot circa 100 slachtoffers;
- bij ernstiger ongevallen en nog grotere aantallen slachtoffers (bijvoorbeeld ongevallen met gevaarlijke stoffen) is de invloed van de afstand tussen de vluchtdeuren veel geringer, omdat de vluchtkans dan veel kleiner is;
- bij de in het rekenmodel gehanteerde aannames is een onderlinge afstand van 125m te groot;
- de onderlinge afstand tussen de ventilatieschachten is van invloed op het aantal slachtoffers bij met name benzinebranden en in veel mindere mate bij vrachtwagenbranden: hoe groter de afstand hoe meer slachtoffers;
- naar aanleiding van de veiligheidsberekeningen is in de technische haalbaarheidsstudie een onderlinge afstand tussen de ventilatieschachten aangehouden van ongeveer 1,5km;
- het effect van wel of niet toepassen van vluchtstroken is bij gelijkblijvende filekans gering. Aangenomen is echter dat bij ontbreken van een vluchtstrook de filekans en daardoor de ongevalfrequentie toeneemt;
- het positieve effect van verdunning van de toxische rook bij toepassing van vluchtstroken (als gevolg van het grotere tunnelvolume) is niet in beschouwing genomen;
- de verkeersintensiteit heeft alleen invloed op het groepsrisico indien de filekans daardoor wordt verminderd. Het aantal transporten met gevaarlijke stoffen is nagenoeg lineair van invloed op de frequentie van het aantal incidenten met veel slachtoffers;
- de filekans is vooral van invloed op het aantal slachtoffers bij vrachtwagenbranden en bij zeer ernstige calamiteiten (explosies van LPG tankauto) en veel minder bij benzinebranden;
- een grotere lengte van de tunnel is lineair van invloed op de frequentie van het groepsrisico per kilometer tunnel. Daarnaast neemt bij zeer ernstige calamiteiten (kleine kans, groot gevolg) het aantal slachtoffers per incident toe.

Variantberekeningen

Bij de variantberekeningen is uitgegaan van de kenmerken per tunnelvariant, zoals weergegeven in tabel 1 uit paragraaf 2.2.5. Verder zijn de exacte tunnallengtes en bijbehorende afstanden tussen de ventilatieschachten ingevoerd. Op basis van de resultaten van de oriënterende berekeningen is voor de afstand tussen de vluchtdeuren 100m aangenomen. Voor de verkeersintensiteit is als maximum 85% van de theoretische capaciteit per tunnelbuis aangehouden. Met dit uitgangspunt zijn maximale verkeersstromen afgeleid van de waarden bepaald in de verkeerskundige studie (Quick scan Weg corridor Haarlemmermeer – Almere, Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland, juli 2002).

De conclusies van de variantenberekeningen luiden als volgt:

- bij alle onderzochte varianten ligt de risicocurve voor een categorie 0 tunnel over grote lengte ongeveer evenwijdig aan en net iets onder de vergelijkingswaarde. De varianten zijn voor deze categorie dus relatief gevoelig voor een wijziging van de uitgangspunten of een aanscherping van de vergelijkingswaarde;
- bij alle onderzochte varianten komt de risicocurve voor een categorie I en II tunnel slechts op één punt enigszins in de buurt van de vergelijkingswaarde en ligt daar voor de rest ver onder. De varianten zijn voor deze categorieën dus minder gevoelig voor wijzigingen in uitgangspunten of een aanscherping van de vergelijkingswaarde;
- op basis van de resultaten van de oriënterende berekeningen is een vergroting van de afstand tussen vluchtdeuren van 100 naar 125m niet mogelijk bij de gekozen uitgangspunten voor het verkeer, de (grote) filekansen en de aannamen in het rekenmodel. Nader onderzoek - en op grond daarvan herziening van de aannamen in het model - kan per variant van grote invloed zijn voor de conclusie ten aanzien van de onderlinge afstand tussen vluchtdeuren;
- voor de Parijse variant BT-5 kan - vanwege het ontbreken van zwaar vrachtverkeer - met het rekenprogramma geen groepsrisico worden gevonden.

3.3.3 Externe veiligheid

Langs het tunneltracé en alternatieve routes

Voor tunnels wordt bij de berekening van de externe veiligheid vaak een zeer globale methode gehanteerd. Bij deze globale methode wordt aangenomen dat de tunnel voor omwonenden wel bescherming geeft bij brand in de tunnel, maar niet bij een explosie. De gevolgen van een explosie in de tunnel voor de omgeving worden berekend alsof het een open weggedeelte betreft.

Deze methode leidt tot een overschatting van het groepsrisico voor omwonenden ten gevolge van een explosie, omdat in werkelijkheid verwacht mag worden dat de tunnel bij een explosie weldegelijk enige bescherming biedt voor de omgeving.

Wel zijn bij een explosie de tunnelmonden risicolocaties voor de omgeving, omdat de explosieve kracht daar geconcentreerd vrijkomt. Met toenemende lengte van de tunnel neemt ook het risico bij de tunnelmonden toe. Een grotere lengte is namelijk synoniem voor een groter risico-oppervlak en dus een grotere kans op een calamiteit. Op grond van deze redenering is het bepalen van de externe veiligheid vrijwel alleen relevant als tot een toelatingsbeleid voor een categorie 0 tunnel wordt besloten, omdat in dat geval het vervoer van explosieve stoffen - bijvoorbeeld tankautotransport van LPG - is toegestaan.

De resultaten van de berekeningen van de interne veiligheid tonen aan dat het mogelijk lijkt om voor alle varianten - de Parijse variant BT-5 valt buiten deze

beschouwing – tot een toelatingsbeleid conform een categorie 0 tunnel te besluiten.

Gezien het globale karakter van de technische haalbaarheidsstudie, het ontbreken van benodigde gegevens over de omgeving en onzekerheden over de uitgangspunten voor de interne veiligheidsberekeningen, is het niet zinnig geacht om in dit stadium meer gedetailleerde berekeningen voor de externe veiligheid te maken.

Alle transporten van gevaarlijke stoffen die in de tunnel worden toegelaten, leiden in principe tot een verbetering van de externe veiligheid langs wegen die een alternatief vormen voor de verbinding tussen de A6 en de A9. Omgekeerd geldt dat toegangsbeperkingen leiden tot verhoogd risico langs alternatieve routes. Een analyse van de externe veiligheid in de regio kan meer duidelijkheid scheppen omtrent de aard en omvang van effecten.

Onveiligheid door inundatie

De tunnel doorkruist meerdere polders en waterwegen. In theorie kan bij inundatie van één daarvan of door bezwijken van de tunnel, de wateroverlast zich via de tunnelbuizen verspreiden naar andere polders. De waterstand wordt dan bepaald door het boezemwaterpeil, polderpeil, of de stijghoogte in het watervoerend pakket. Hiervan is het boezemwaterpeil maatgevend, wat in alle gevallen NAP-0,40m bedraagt.

Gezien de grote (im-) materiële schade die wordt geleden bij inundatie¹⁵⁾, dient de tunnel dusdanig te worden geconstrueerd dat de kans op inundatie wordt geminimaliseerd. Risicovolle tunnelementen zijn de toeritten en de ventilatieschachten.

De gevolgen van inundatie kunnen op eenvoudige wijze worden beperkt door de wanden van de toeritten en de schachten waterdicht op te trekken tot het niveau van NAP.

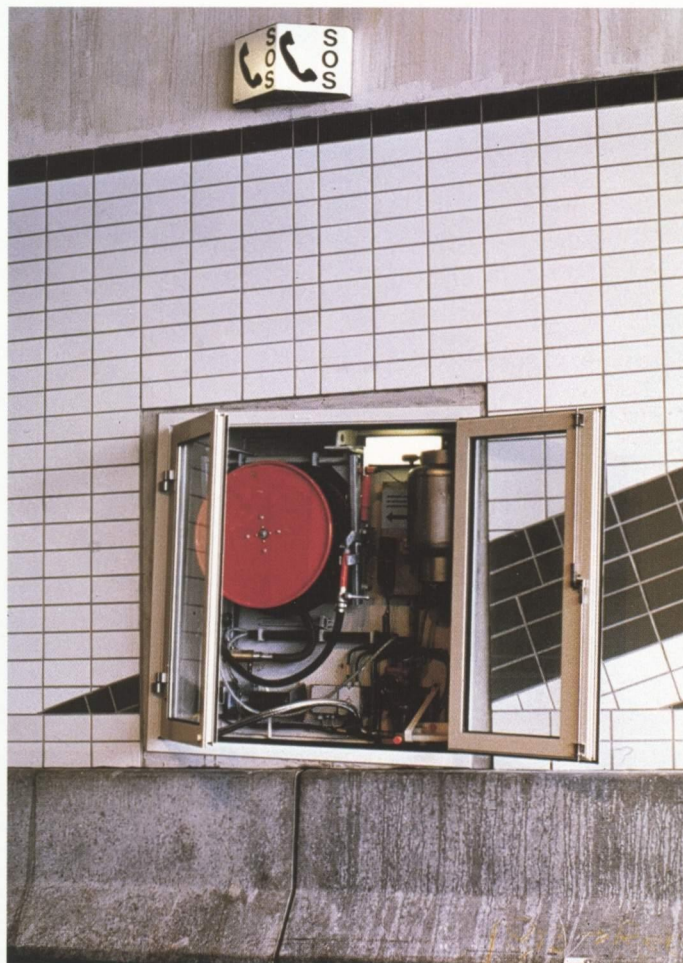
3.3.4 Veiligheidsvoorzieningen

Bescherming tunnelconstructie

Als uitgangspunt voor de tunnelconstructie geldt dat deze voldoende reserve (veiligheid) dient te bezitten om niet te bezwijken onder redelijkerwijs te verwachten (combinatie van) belastingen. Tevens dient eventuele schade aan de constructie zodanig hersteld te kunnen worden dat de constructie na een calamiteitsbelasting weer met de benodigde (veiligheid-) reserve in gebruik kan worden genomen. In principe dekken de in de betreffende normen voorgeschreven materiaal- en belastingsfactoren deze zogenaamde constructieve integriteit voldoende af.

Ongeacht de tunnelcategorie dient bij de boortunnelvarianten de tunnelwand boven de barriers te worden voorzien van een hittewerende bekleding, terwijl bij de in-situ-tunnelvarianten kan worden volstaan met het dak en de bovenste meter van de wanden.

Nast de reeds genoemde vluchtdeuren en dwarsverbindingen zijn overige voorzieningen die in de tunnel worden aangebracht en die een relatie hebben met de tunnelveiligheid: verlichting, noodstroomaggregaten, drainagepompen, ventilatie en overdruk in vluchtwegen, diverse vormen van verkeersdetectie, brandblussers, communicatiesystemen en dergelijke. Voor de relatief lange tunnel kan dit verder nog worden uitgebreid met vluchtactiverende voorzieningen en toeritdosering, teneinde filevorming in de tunnel te minimaliseren.



Om de kans op explosie in een (categorie 0) tunnel te beperken kan worden overwogen om een sprinklerinstallaties aan te brengen. Deze lijken echter weinig (kosten-) effectief gezien mogelijk negatieve effecten (stoomvorming en kans op wegdrijven van brandstof), de hoge kosten en de onzekerheden met betrekking tot bedrijfszekerheid in de situatie van een autotunnel.

3.4 Overige aspecten

3.4.1 Emissies

Voor het bepalen van de benodigde maatvoering van tunnelelementen in verband met emissies, is de emissie van verontreinigingen tijdens regulier gebruik van belang. De concentratie van verbrandingsgassen in en rond de tunnel, mag de daaraan gestelde norm niet overschrijden. Hierbij wordt uitgegaan van de geprognosticeerde verkeersintensiteiten en de ontwikkeling van voertuigtechniek. Globale beschouwingen wijzen uit dat om aan de norm te kunnen voldoen de afzonderlijke tunnelsecties niet langer mogen zijn dan 2 tot 2,5km bij schoorstenen tot 10m hoogte, of maximaal 4km indien de ventilatieschachten worden voorzien van een 30m hoge schoorsteen.

Onafhankelijk van de bouwmethode en het gekozen dwarsprofiel blijkt in verband met veiligheidseisen echter de situatie bij calamiteiten maatgevend voor de maximale afstand tussen de ventilatieschachten. In geval van een calamiteit als brand is het met name bij lange tunnels van belang dat de gevolgen van de

rookontwikkeling zich slechts over een beperkte lengte van de tunnel doen gelden, omdat het aantal slachtoffers de verwachtingswaarde voor interne veiligheid niet mag overschrijden.

De onderlinge afstand tussen de ventilatieschachten wordt dus niet zozeer bepaald door eisen aan emissieconcentraties als wel door veiligheidseisen. Op basis daarvan is in de technische haalbaarheidsstudie de onderlinge afstand gesteld op 1.400 à 1.500m. In dat geval kan worden volstaan met schoorstenen van 10m hoogte. Aandachtspunt hierbij is de emissie ter plaatse van de Vecht, Gein en de toerit bij Holendrecht, in relatie tot de afstand tot de bebouwing.

.....
Gein



3.4.2 Natuur en landschappelijke inpassing

Hoewel in de technische haalbaarheidsstudie geen speciale aandacht is uitgegaan naar de landschappelijke inpassing of de effecten op natuur en ecologie, worden daar in algemene zin wel enkele opmerkingen over gemaakt.

Het plangebied is gelegen in een open weidelandschap, doorsneden door enkele waterlopen en plassen. Uit archiefonderzoek via het Natuurloket van het Ministerie van LNV blijkt dat dit gebied huisvesting en foerageermogelijkheden biedt aan een variëteit aan planten, vogels, amfibieën en reptielen, waaronder een aantal (Europees) beschermde. In het gebied ligt tevens het Naardermeer, het eerste Nederlandse natuurreservaat onder beheer en beeldbepalend bezit van Natuurmonumenten.

Als gevolg van de tunnelverbinding zal het open landschap permanent worden verstoord. De verstoring wordt veroorzaakt door toeritten van ruim 1,5 km lengte, de aansluitingen van de tunnel op de beide knooppunten, waaronder diverse fly-overs en een viertal locaties waar een complex van ventilatiekokers, vluchtweguitgangen en mogelijke technische ruimten boven het maaiveld uitsteken. Tevens zal een stelsel van dienstwegen rond de toeritten en de verticale schachten nodig zijn.

Tijdelijke effecten ontstaan verder door de inrichting van werkterreinen en gronddepots, transport en logistieke activiteiten en de tijdelijke blokkades van Vecht en Gein. Ook de aanpassing van de knooppunten zal leiden tot tijdelijke en permanente verstoring van het landschap. Het effect op het landschap zal groter zijn bij in-situ tunnel door de (tijdelijke) littekens in het landschap.

De vier tussenschachten zijn in het veld ieder zichtbaar als een ongeveer 10m hoge schoorsteen van 6 bij 6m in doorsnede, gecombineerd met een dienstgebouw, waarin aan één of meerdere zijkanen een grote ventilatieopening zichtbaar is. Dit gebouw inclusief schoorsteen staat op een terp van ongeveer 1,5m hoogte in het landschap. De vluchtweguitgangen en technische ruimten zijn eveneens ondergebracht in dit gebouw.

3.5 Kostenraming

3.5.1 Werkwijze

De ramingen van de tunnelvarianten zijn gebaseerd op uitgewerkte dwarsdoorsneden alsmede globale lengteprofielen van de tunnel en toeritten, en principetekeningen van schachten en overige voorzieningen.

Voor de knooppunten zijn de hooggelegen gereconstrueerde variant van knooppunt Muiderberg en de hooggelegen variant van knooppunt Holendrecht geraamd. Van beide knooppunten is voor de indeling van het dwarsprofiel een beperkt aantal varianten geraamd.

De ramingen voor de knooppunten die aansluiten op tunnelvarianten met een ander dwarsprofiel zijn hieruit afgeleid met behulp van extrapolatie.

3.5.2 Uitgangspunten

Algemeen

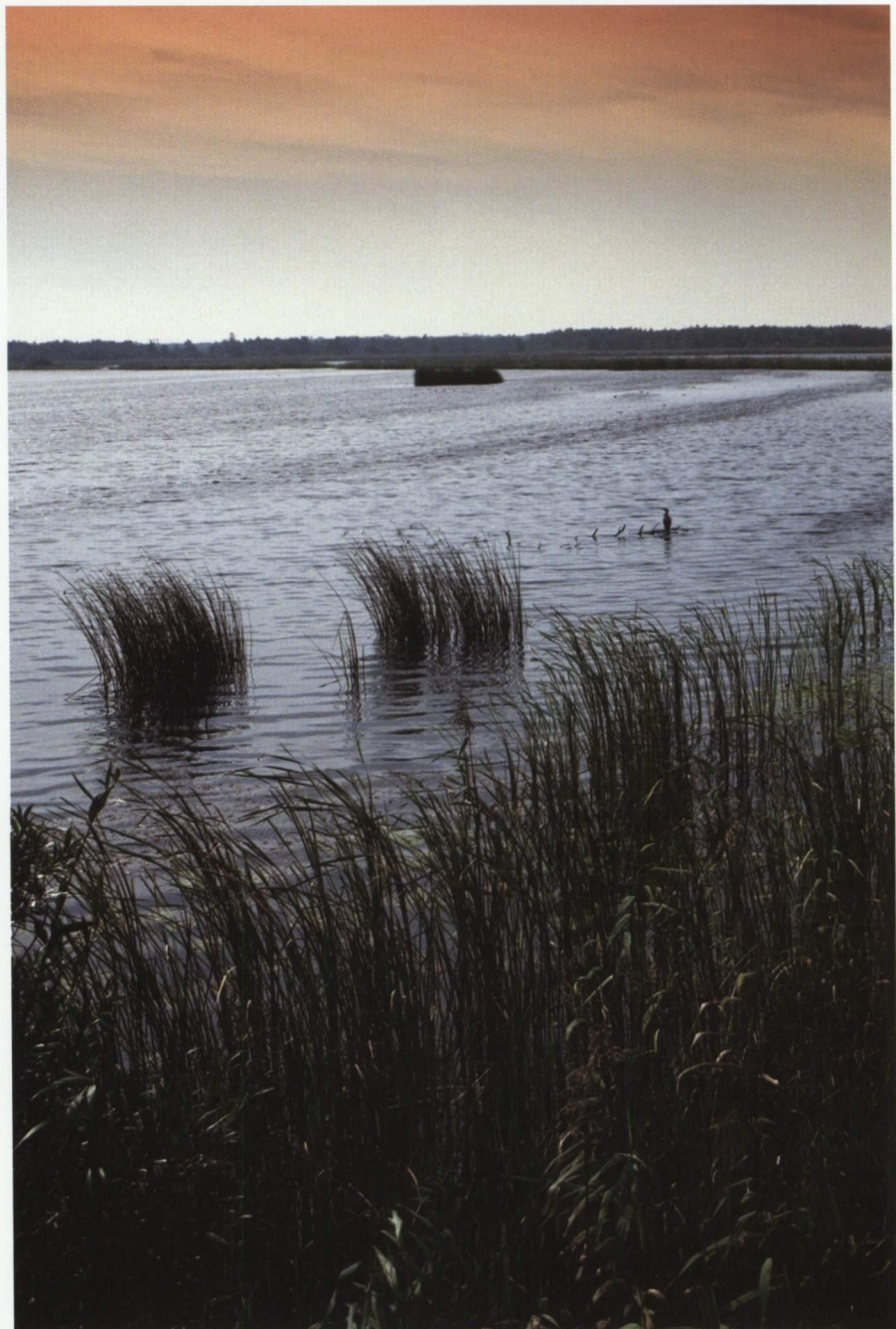
Bij de ramingen van zowel de tunnel- als knooppuntvarianten zijn de volgende algemene uitgangspunten gehanteerd:

- prijspeil medio 2002 (in Euro);
- ramingen conform PRI-systematiek¹⁶⁾, zoals vastgelegd in het document "Werk in Uitvoering, maart 1995";
- raming op het niveau van investeringskosten, inclusief 19% BTW.

In de ramingen zijn de volgende algemene elementen en voorzieningen opgenomen:

- grondverwervingskosten inclusief aankoop van opstallen en schadeloosstellingen en het verwerven van zakelijk recht voor het onderboren of ondertunnelen van percelen;
- vergunningen en leges, overdrachtskosten, onderzoekskosten, PR en communicatie, landschappelijke inpassing en verleggen kabels en leidingen.

.....
Naardermeer



Raming Tunnel

Voor de raming van de boortunnelvarianten zijn de volgende specifieke uitgangspunten gehanteerd:

- één horizontaal tracé voor alle boortunnelvarianten (kortste tracé onder onbebouwd gebied);
- één verticaal alignement voor alle boortunnelvarianten (geleidelijke helling naar diepste punt), ongeacht de diameter;
- één tunnelboormachine per tunnelbuis;
- boormethode conform inzichten Westerschelde- en Groene Harttunnel (HSL-Zuid);
- bouwmethode toeritten met bouwkuip, damwanden, onderwaterbeton en trekpalen;
- voor BT-5 is een afwijkende lengte van gesloten tunneldeel en toeritten in rekening gebracht.

Voor de raming van de in-situ-tunnelvarianten zijn de volgende specifieke uitgangspunten gehanteerd:

- één horizontaal tracé voor alle in-situ-tunnelvarianten, namelijk het zuidelijke tracé haaks op de Vecht;
- voor alle in-situ-tunnelvarianten zijn zowel het 'golvende' als het 'lineaire' (geleidelijke helling naar diepste punt) verticaal alignement geraamd;
- bouwmethode met bouwkuip, damwanden, onderwaterbeton en trekpalen;
- bouwmethode kruising Amsterdam – Rijnkanaal volgens de afzinkmethode.

In de ramingen zijn de volgende specifieke elementen en voorzieningen opgenomen:

- toeritten;
- tunnel met ventilatie- en vluchtschachten (inclusief technische ruimten);
- dwarsverbindingen (boortunnel);
- grondvervanging ter plaatse van het begin en einde van het boortraject (boortunnel);
- grondverbetering ter plaatse van de spoorlijn Amsterdam - Hilversum en de Gooiboog (boortunnel);
- tijdelijke hulpbruggen ter plaatse van de spoorlijn Amsterdam - Hilversum (in-situ-tunnel);
- ingeschoven betonnen troglijger ter plaatse van de spoorlijn Amsterdam - Utrecht;
- hittewerende bekleding;
- reflecterende wandbekleding;
- asfaltverharding;
- tunnelinstallaties;
- bouwkundige voorzieningen.

Raming Knooppunten

In de raming van de knooppuntvarianten zijn de volgende specifieke aspecten opgenomen:

- opschonen werkterreinen, opbreken asfaltverhardingen en amoveren kunstwerken en opstallen;
- aanbrengen aardebanen, verhardingen, riolering, markering en wegmeubilair;
- kosten voor verkeersfaseringen;
- bouw en reconstructie van kunstwerken in de knooppunten;
- aanbrengen van verlichting, verkeerssignalering, DRIP's¹⁷⁾ inclusief portalen en transmissielijnen.

Uitsluitingen

De volgende kosten zijn niet in de ramingen opgenomen:

- onderhoud-, exploitatie- en overige life-cyclekosten;
- grondsanering;
- gebouwopname en monitoring (boortunnel);
- architectonische vormgeving;
- geluidsschermen (knooppunten en toeritten);
- mitigerende en compenserende maatregelen;
- extern onvoorzien.

Gehanteerde staartkosten

Ten aanzien van de staartkosten zijn drie verschillende deelramingen te onderscheiden;

- civiele techniek tunnel, inclusief spoorwegkruisingen en bouwkunde, onderscheiden naar boortunnel en in-situ-tunnel;
- installatietechniek;
- wegen inclusief overige kunstwerken (knooppunten).

Specifieke verschillen tussen de disciplines rechtvaardigen het optreden van verschillen in de staartkosten van de deelramingen. In tabel 2 is opgenomen welke percentages gehanteerd zijn.

Tabel 2

Gehanteerde percentages voor de staartkosten

post	civiele techniek boortunnel	civiele techniek in-situ-tunnel	tunnel installaties	wegen en kunstwerken
indirecte kosten	33,7%	35,9%	10%	31,5% geo. 36,5% kw's 20,5% E&M
bijkomende kosten	totale grondverwerving en kabels & leidingen € 0,1 mld.			
	overig 1,75%	overig 1,75%		4,2%
diversen	10%	10%		20%

Opmerkingen bij tabel 2:

geo.: geometrie

kw's: kunstwerken (duikers, bruggen en dergelijke)

E&M: elektrische en mechanische installaties

grondv.: grondverwerving

k&l: kabels en leidingen

Percentages onvoorzien

In de ramingen zijn de in tabel 3 vermelde percentages voor de post objectonvoorzien meegenomen. Het percentage verschilt per tunnelvariant, afhankelijk van de mate waarin het ontwerp afwijkt van een standaard tunnelontwerp.

Tabel 3

Gehanteerde percentages voor objectonvoorzien tunnelontwerp

tunnelvariant	objectonvoorzien civiel	objectonvoorzien installaties
in-situ-tunnel	25%	10%
boortunnel	30%	10%
double-O	40%	10%
Parijse variant	35%	15%

Voor de verschillende (ontwerp-)elementen uit de knooppuntontwerpen zijn de in tabel 4 vermelde percentages gehanteerd voor de post objectonvoorzien.

Tabel 4

Gehanteerde percentages voor objectonvoorzien knooppunten

object	percentage objectonvoorzien
geometrie	20%
kunstwerken	25%
E&M-installaties	25%

In de raming ten behoeve van de technische haalbaarheidsstudie is voor de posten onvoorzien (nog) geen onderscheid gemaakt tussen objectonvoorzien en projectonvoorzien.

3.5.3 Resultaten

De resultaten van de ramingen zijn in tabel 5 per tunnelvariant inclusief de aanpassing van de knooppunten weergegeven. Het verschil tussen het ramingsbedrag van de in-situ-tunnelvarianten met 'golvend' en 'lineair' verticaal alignement blijkt marginaal te zijn, zodat hiervoor hetzelfde bedrag is opgenomen.

De aangegeven totale investeringskosten bestaan uit het geheel van de kosten voor voorbereiding, administratie en toezicht en de kosten voor het project zelf. Daartoe behoren de geraamde aanneemsom (directe, indirecte, onvoorziene en bijkomende kosten), grondverwerving, kabels en leidingen, vergunningen en legeskosten. De laatste kolom van de tabel geeft de onzekerheidsmarge van de raming aan.

Tabel 5

Kostenraming per tunnelvariant (in miljard Euro, prijspeil 2002)

tunnelvariant	totale investering	onzekerheidsmarge
BT-1 boortunnel 2x2 + vluchtstrook	€ 3,00	+/- 30%
BT-2 boortunnel 2x2 + langsvluchtgang	€ 2,40	+/- 30%
BT-3 boortunnel 3*2 + vluchtstrook	€ 4,30	+/- 30%
BT-4 boortunnel double-O 4x2	€ 4,10	+/- 40%
BT-5 boortunnel Parijse variant 2x2 + vluchtstrook	€ 2,10	+/- 35%
IST-1 in-situ-tunnel 2x2 + vluchtstrook	€ 2,20	+/- 25%
IST-2 in-situ-tunnel 3x2 + vluchtstrook	€ 3,00	+/- 25%

De geraamde investeringskosten voor tunnelvarianten die voldoen aan de uitgangspunten, inclusief aansluitende wegen en aanpassingen van de knooppunten, lopen uiteen van € 2,20 miljard voor de in-situ-tunnelvariant met 2x2 rijstroken en vluchtstroken tot € 4,30 miljard voor de boortunnelvariant met wisselrijbaan (3x2 rijstroken met vluchtstroken).

Volgens de raming is de Parijse boortunnel (twee boven elkaar gelegen rijbanen, met elk twee versmalde rijstroken en een vluchtstrook, alleen toegankelijk voor personenauto's) de goedkoopste variant. Deze is geraamd op € 2,10 miljard, maar voldoet met het versmalde en verlaagde profiel van vrije ruimte niet aan de uitgangspunten voor ontwerpsnelheid en toelatingsbeleid.

De onzekerheidsmarge is ingeschat op 25% voor de in-situ-tunnelvarianten, 30% voor de conventionele boortunnelvarianten en 35 respectievelijk 40% voor de meer innovatieve boortunnelvarianten. De vermelde bedragen hebben betrekking op het prijspeil medio 2002, inclusief BTW, engineerings- en uitvoeringskosten.

3.5.4 Risico's en onzekerheden

In een risicosessie zijn met behulp van expert judgement de belangrijkste risico's geïdentificeerd en gekwalificeerd. Hierbij zijn de volgende risico's genoemd:

- aanvullende eisen;
- de realiseerbaarheid van de double-O variant;
- de ontwerp- en uitvoeringsaspecten van de Parijse variant;
- afstemming van, aansluiting bij en wisselwerking tussen ontwerp en raming.

4 Conclusies

4.1 Onderzoeksopdracht

Het doel van de technische haalbaarheidsstudie is inzicht verkrijgen in de technische (on)mogelijkheden van een autosnelwegverbinding via een tunnel tussen de Rijkswegen A6 en A9. Dit doel is nagestreefd door het inventariseren van reële ontwerpvarianten voor de tunnel en daaraan gerelateerde elementen zoals de bouwmethode, het horizontale en verticale alignement, het dwarsprofiel, bijzondere voorzieningen en de aansluiting op bestaande knooppunten in het hoofdwegennet.

Voor geselecteerde ontwerpen zijn de globale effecten bepaald voor zover deze van invloed zijn op de technische haalbaarheid van de tunnel. Bijzondere aandachtspunten zijn daarbij de geschiktheid van de bodem, externe en interne veiligheid en een indicatie van de benodigde investeringen.

De algemene conclusie luidt dat een tunnelverbinding A6/A9 technisch te realiseren is.

4.2 Bouwmethode

Als mogelijke bouwmethoden zijn in eerste instantie verschillende methodieken geschikt geacht, waarvan een aantal om verschillende redenen al snel afviel. Van de zes geschikte methoden lijken er twee het meest realistisch:

- boortunnel met behulp van een tunnelboormachine;
- in-situ-tunnel in een onbemalen (waterdichte) bouwkuip.

Bouw van een toerit en overgangsgedeelte



Gedurende de studie is niet gebleken dat één van beide methodieken alsnog ongeschikt zou zijn.

Enkele opmerkingen bij de bouwmethoden.

- Ongeacht de verdere bouwmethode worden de toeritten in-situ gebouwd. De open-bakconstructie van de toerit bestaat uit verticale damwanden, een onderwaterbetonvloer en trekpalen, waarop de uiteindelijke constructie en de wegverharding worden gebouwd.
- Voor boortunnelvarianten zijn tijdens de realisatie start- en ontvangtschachten nodig voor de tunnelboormachine. Deze worden na afronding van het boorproces afgebouwd als toerit.
- Voor in-situ-tunnels wordt de kruising van het Amsterdam – Rijnkanaal gerealiseerd met behulp van afgezonken tunnelelementen, teneinde de scheepvaart tijdens de uitvoering zo min mogelijk te hinderen.

4.3 Dwarsprofiel

In de studie zijn zeven verschillende varianten (vijf boortunnelvarianten en twee in-situ-tunnelvarianten) van het dwarsprofiel onderzocht; met één tot drie rijokers, twee tot vier rijbanen, met of zonder wisselrijbaan, twee of drie rijstroken per rijbaan, wel of geen vluchtstrook en/of langsvluchtgang en (eventueel) dubbeldeksprofielen.

Het uiteindelijk te realiseren dwarsprofiel is, behalve van verkeerskundige randvoorwaarden, vooral sterk afhankelijk van politiek-bestuurlijke keuzes ten aanzien van verkeerskundige en functionele uitgangspunten en wensen waaraan de tunnelverbinding moet voldoen.

Tijdens de studie is niet gebleken dat één van de geselecteerde dwarsprofielen om technische redenen niet geschikt zou zijn. Wel zijn twijfels geuit omtrent de haalbaarheid van de double-O tunnel (BT-4). Het profiel van ruimte in relatie tot bijvoorbeeld de toe te laten voertuigafmetingen van de Parijse variant (BT-5) is niet verder onderzocht, evenmin als de vormgeving van de toeritten van deze variant.

4.4 Tracé en alignement

Uitgangspunt voor het tracé en het alignement is een ontwerpsnelheid van 120km/u, met uitzondering van de Parijse variant (BT-5) waarvoor een ontwerpsnelheid van 70km/u is aangehouden.

Bij het ontwikkelen van horizontale tracés blijken de bebouwing van Weesp, de kruisingen met spoor- (met name Gooi- en Flevoboog) en waterwegen (met name Gein, Vecht en Amsterdam – Rijnkanaal) en de aansluiting van het tracé op de knooppunten Holendrecht en Muiderberg, alsmede de vormgeving van de knooppunten, bepalende dwangpunten.

Oorspronkelijk zijn twee horizontale tracés specifiek voor boortunnelvarianten ontwikkeld. Het kortste tracé, onder de bebouwing van Weesp, is vervolgens op basis van veronderstelde technische complexiteit en diepe ligging over grote lengte al snel aangeduid als ongewenst. Daarbij blijkt een alternatief tracé onder onbebouwd gebied slechts 100m langer en waarschijnlijk goedkoper.

Van de vier oorspronkelijk ontwikkelde tracés voor in-situ-tunnelvarianten, zijn na verder optimalisatie twee tracés geselecteerd: een tracé dat tussen de spoorbogen doorgaat en een tracé dat wat meer zuidelijk ligt en daardoor de Vecht onder een haakse hoek kruist. Met name het laatste tracé blijkt technisch geschikt in combinatie met een volledig gereconstrueerd knooppunt Muiderberg. In dat geval wordt wel de noordrand van het natuurreservaat Naardermeer geraakt; eventuele bezwaren of maatregelen daartegen zijn niet verder onderzocht. Aansluiting van het eerste tracé op het gereconstrueerde knooppunt Muiderberg stuit op verschillende bezwaren van technische aard.

De maximale lengte van het gesloten deel van de tunnel is bepaald door de (minimale) afstand die het verkeer nodig heeft om vanaf het knooppunt weer in een rustig verkeersbeeld terug te keren, alvorens de tunnel wordt binnengegaan. De lengte van het open tunneldeel of de toerit bedraagt daardoor ongeveer 1.500m aan weerszijden. Bij de Parijse variant kan dit in verband met de lagere ontwerpssnelheid korter zijn.

Door het ruimtebeslag van de knooppunten zelf, resteert voor de lengte van het gesloten tunneldeel zo'n 6.900m (boortunnel) tot 7.400m (in-situ-tunnel) en 7.500m voor de Parijse tunnelvariant.

.....
Fouragegebied



4.5 Knooppuntvorm

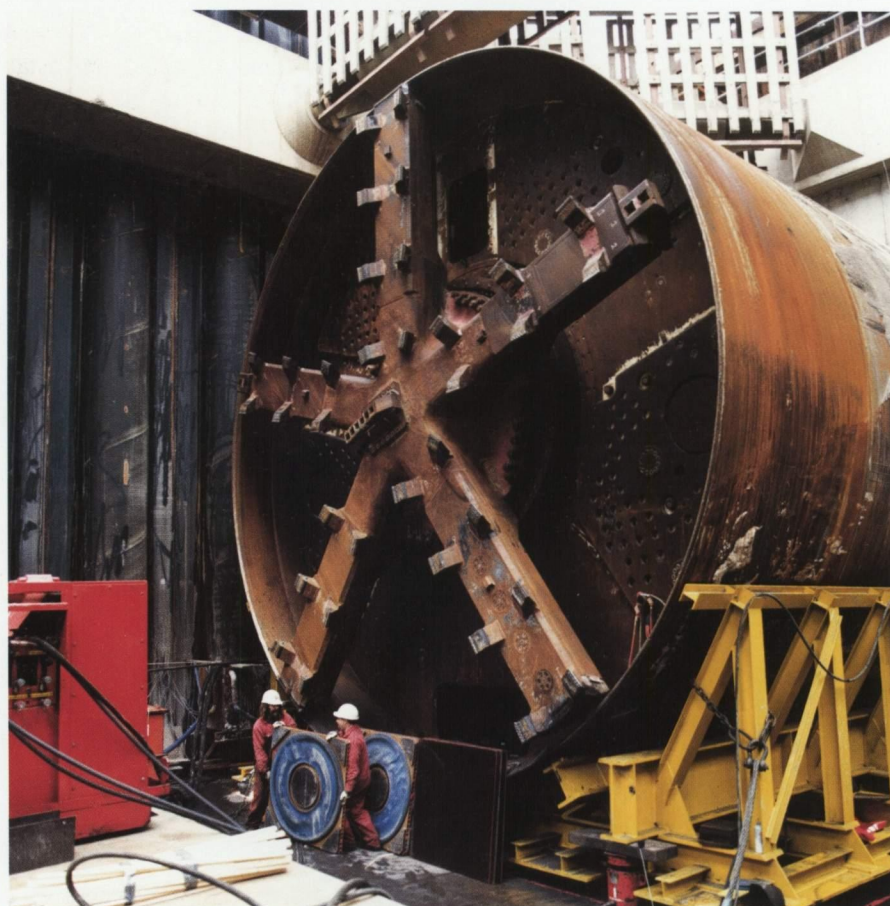
Voor knooppunt Muiderberg zijn in principe twee oplossingsrichtingen mogelijk. In het ene geval wordt het bestaande knooppunt uitgebreid. Dit is relatief goedkoop maar leidt verkeerskundig tot een situatie met weinig oplossend vermogen. In het andere geval wordt het knooppunt volledig gereconstrueerd. Dit is een dure oplossing, die echter substantieel bijdraagt aan het verbeteren van de bestaande onlogische verkeerskundige situatie. In het knooppunt is de zwaste verkeersstroom namelijk de richting Amsterdam (A1) – Flevoland (A6) en niet (meer) de richting Amsterdam (A1) – 't Gooi (A1), waarvoor het knooppunt is vormgegeven. Het knooppunt zou bij voorkeur moeten worden gereconstrueerd, waarbij de verbinding A6/A9 op het hoogste niveau komt te liggen. Een verbinding tussen de tunnel en Amsterdam (A1) en vice versa is achterwege gelaten; deze is moeilijk inpasbaar en niet strikt noodzakelijk.

Knooppunt Holendrecht kan vanuit het bestaande knooppunt worden uitgebreid, waarbij de nieuwe verbinding A6/A9 Rijksweg A2 hoog kruist. In dat geval is het tevens relatief eenvoudig om eventueel een wisselbaan te realiseren. De bestaande aansluiting Meibergdreef in het knooppunt komt te vervallen.

4.6 Voorzieningen

Ten behoeve van ventilatie en rookgasafvoer bij calamiteiten zijn langs de tunnel om de 1.400m (boortunnel) à 1.500m (in-situ-tunnel en Parijse variant) verticale schachten voorzien; vier in totaal. In deze schachten worden tevens de vluchtwegen naar het maaiveld aangebracht. De schachten zijn in het landschap zichtbaar

.....
Graafwiel tunnelboormachine



als 10m hoge schoorstenen van ongeveer 6m in doorsnede, gecombineerd met een dienstgebouw boven op een 1,50m hoge terp. De terp is nodig om de tunnel en de polders waarin de tunnel is gelegen te beschermen tegen inundatie. Daartoe dienen tevens de wanden van de toeritten te worden opgetrokken tot NAP, ongeveer 1,50m boven het maaiveld.

Alle tunnelvarianten worden elke 100m uitgerust met vluchtdeuren naar een langsvluchtgang, of - bij ontbreken daarvan – via een dwarsverbinding rechtstreeks naar een andere tunnelbuis. Bij boortunnelvarianten met een langsvluchtgang kan worden volstaan met dwarsverbindingen om de 500m.

Ter plaatse van de kruising van de spoorwegen Amsterdam – Hilversum en Amsterdam – Utrecht zijn voor in-situ-tunnelvarianten (tijdelijk) voorzieningen nodig zoals hulpbruggen of trogliggers waarin het bestaande spoor wordt opgevangen, alvorens de tunnel verder kan worden gebouwd. Onder de Gooiboog, de spoorlijn Amsterdam - Hilversum en bij de in- en uitgang van boortunnelvarianten kan, ter voorkoming van zettingen, worden volstaan met groutinjecties waarmee de grond wordt verstevigd. Voor alle tunnelvarianten moet ter plaatse van de kruising met de spoorlijn Amsterdam – Utrecht het baanlichaam worden vervangen door een ingeschoven trogligger.

4.7 Andere onderwerpen van studie

Op basis van een (beperkt) archiefonderzoek is vastgesteld, dat de bodem ter plaatse, met uitzondering van mogelijk verspreid voorkomende grindformaties, weinig bijzondere belemmeringen lijkt te hebben voor de bouw van een geboorde dan wel een in-situ gebouwde tunnel.

Ter plaatse van de start- en eindschachten geldt een minimale gronddekking van 4m. In dat geval is grondverbetering nodig, om instabiliteit aan het front van de boortunnelmachine en opdrijven van de tunnel te voorkomen.

Op basis van een (beperkt) archiefonderzoek is eveneens vastgesteld, dat de hydrologische situatie ter plaatse geen uitzonderlijke belemmeringen lijkt te hebben voor de bouw van zowel een geboorde als een in-situ gebouwde tunnel. De stromingsrichting van het grondwater is overwegend van oost naar west, dus ongeveer parallel aan het tracé. Gegeven de dikte van het watervoerend pakket zal een eventuele boortunnel geen substantiële beïnvloeding geven van stijghoogten van het grondwater.

Waterlopen die hinder ondervinden van de aanleg of de aanwezigheid van de tunnel worden (zo mogelijk tijdelijk) omgelegd. De diepteligging van de tunnel is voldoende om bestaande waterbodems te kunnen herstellen.

Naast de reeds genoemde vluchtdeuren en dwarsverbindingen zijn overige voorzieningen die in de tunnel worden aangebracht en een relatie hebben met de tunnelveiligheid: hittewerende bekleding, verlichting, noodstroomaggregaten, drainagepompen, ventilatie en overdruk in vluchtwegen, diverse vormen van verkeersdetectie, brandblussers, communicatiesystemen en dergelijke. Voor de relatief lange tunnel kan dit verder nog worden uitgebreid met vluchtactiverende voorzieningen en toeritdosering bij de ingang om filevorming in de tunnel te minimaliseren.



Als gevolg van de tunnelverbinding zal het open landschap permanent worden verstoord door de toeritten, door de aansluiting van de tunnel op de knooppunten en door een viertal locaties waar een complex van ventilatiekokers, vluchtweguitgangen en technische ruimten boven het maaiveld uitsteken. Tevens zal een stelsel van dienstwegen rond de toeritten en de verticale schachten nodig zijn. Om de toeritten aan het zicht te onttrekken, worden deze wegvakken zo snel mogelijk op ten minste 6m onder het maaiveld gebracht.

Tijdelijk effecten ontstaan verder door de inrichting van werkerterreinen en gronddepots, transport en logistieke activiteiten en tijdelijke blokkades van de rivieren Vecht en Gein. Naar verwachting zijn deze effecten bij een in-situ-tunnelvariant groter dan bij een boortunnelvariant.

4.8 Kosten

Ten behoeve van een globale inschatting van de investeringskosten is volgens de PRI-systematiek een raming opgesteld voor de zeven geselecteerde tunnelvarianten. Geraamd zijn de kosten voor grondverwerving, engineering en verwerving van vergunningen en ontheffingen en verder uiteraard de investeringen voor de civiele techniek van de tunnel, inclusief toeritten, spoorwegkruisingen, wegen inclusief overige kunstwerken (met name ter plaatse van de knooppunten) en bouwkundige en technische voorzieningen.

Kosten voor beheer en onderhoud, grondsanering, bouwtechnische monitoring en architectonische vormgeving zijn niet geraamd.

De investeringskosten voor de tunnelvarianten die voldoen aan de uitgangspunten, lopen volgens de raming uiteen van € 2,20 miljard voor de in-situ-tunnelva-

riant (2x2 rijstroken met vluchtstroken) tot € 4,30 miljard voor boortunnelvariant met wisselrijbaan (3x2 rijstroeken met vluchtstroken). De raming voor de Parijse boortunnelvariant is met € 2,10 miljard de goedkoopste, maar deze variant voldoet niet aan de uitgangspunten met betrekking tot ontwerpsnelheid en toelatingsbeleid.

De onzekerheidsmarge in de ramingen is ingeschat op 35 respectievelijk 40% voor de innovatieve varianten, 30% voor de conventionele boortunnelvarianten en 25% voor de in-situ-tunnelvarianten (prijspeil medio 2002, inclusief BTW.).

Bouwkuip in-situ-tunnel



4.9 Verdere aandachtspunten

Tijdens de studie zijn diverse onderwerpen geïdentificeerd waarnaar verder onderzoek gewenst is. Het betreft de volgende onderwerpen:

- het profiel van vrije ruimte, de rijstrookbreedte en de vormgeving van toeritten bij de Parijse variant;
- de realiseerbaarheid van de relatief grote afmetingen en complexe geometrie van de double-O tunnel;
- de reconstructie van knooppunt Muiderberg in combinatie met (de juiste oriëntatie van) een wisselbaan;
- de bodemgesteldheid, met name voor boortunnelvarianten met betrekking tot lokalisering van instabiele grond en daartegen te treffen maatregelen;
- het verder in beeld brengen van de effecten op de waterhuishouding met behulp van de Watertoets;
- het effect van de tunnelcategorie (toelatingsbeleid voor vervoer van gevaarlijke stoffen) op de externe veiligheid in de omgeving van de tunnelverbinding;
- de luchtkwaliteit rond de ventilatieschachten in de buurt van (woon-) bebouwing bij Weesp en Amsterdam-Zuidoost, Gein en Vecht en eventuele emissiebeperkende maatregelen;
- de inpassing van de ventilatieschachten, toeritten en fly-overs van de knooppunten, in relatie tot de kwaliteit van het landschap;
- de exacte lengte van het gesloten deel van de tunnel en de exacte benodigde lengte van de toeritten voor een specifieke verkeerskundige situatie;
- het faseren van de ombouw van de knooppunten;
- het eventueel vanaf knooppunt Holendrecht doortrekken van de tunnel onder knooppunt Muiderberg en verderop aansluiten op Rijksweg A6.

Bijlagen

Bijlage 1 Verwijzingen

- 1) Bij de Parijse boortunnelvariant worden in één tunnelbuis twee boven elkaar gelegen rijdekken gerealiseerd. Vanwege het verkleinde profiel van vrije ruimte geldt een aangepast snelheidsregime.
- 2) Bij de double-O boortunnelvariant worden twee tunnelbuizen, deels overlappend, naast elkaar gerealiseerd. De tunnelbuizen zijn fysiek van elkaar gescheiden door een middentunnelkanaal.
- 3) Met inundatie wordt bedoeld het vollopen van de tunnel met grond- of oppervlaktewater, als gevolg van en/of met als gevolg het onder water lopen van lager gelegen land.
- 4) Een raming volgens de Project-Ramingen-Infrastructuur-systematiek uit 1995 is uniform opgebouwd uit een aantal standaard begrotingsposten, waaronder de posten directe kosten, bijkomende kosten en onvoorzien.
- 5) Met Gooiboog wordt bedoeld de in uitvoering zijnde spoorwegverbinding nabij Weesp, tussen de spoorlijnen Amsterdam – Hilversum en Amsterdam – Almere. Met deze verbindingsboog wordt een directe route tussen Hilversum ('t Gooi) en Almere (Flevoland) mogelijk gemaakt.
- 6) Bij de Parijse variant worden in één tunnelbuis twee boven elkaar gelegen rijdekken gerealiseerd, vernoemd naar de tunnel in de A86 nabij Parijs. Vanwege het verlaagde en versmalde profiel van vrije ruimte geldt een aangepast snelheidsregime en is de tunnel alleen toegankelijk voor personenauto's.
- 7) Een langsvluchtgang is een van de rijkoker fysiek afgesloten gang in de lengterichting van de tunnel, via welke het in geval van een calamiteit mogelijk is om te voet de vluchttrappen naar het maaiveld te bereiken.
- 8) Via een dwarsverbinding is het mogelijk om in geval van een calamiteit de tunnelbuis waarin de calamiteit plaatsvindt te verlaten en te vluchten naar een veilige tunnelbuis.
- 9) Op regelmatige afstand van elkaar worden verticale schachten aangebracht, tussen de tunnel en het maaiveld. De schachten zijn nodig voor ventilatie, het onderbrengen en toegankelijk maken van technische voorzieningen en het onderbrengen van vluchtroutes.
- 10) Regionale uitwerking van het verkeersmodel Landelijk Modelsysteem (LMS) van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer, waarmee het wegennetwerk van de Noordvleugel (globaal de regio tussen Alkmaar, Lelystad, Amersfoort en Leiden) is gemodelleerd.
- 11) Met interne veiligheid wordt bedoeld de mate van veiligheid voor gebruikers van de tunnel. Zie ook de voetnoten 13 en 14.

-
- 12) Met externe veiligheid wordt bedoeld de mate van veiligheid voor omwonenden van de tunnel.
 - 13) De verwachtingswaarde is een maat voor de interne veiligheid, waarmee het gemiddeld aantal dodelijk slachtoffers wordt weergegeven dat - bij een bepaald gebruik en bij een bepaalde inrichting van de tunnel - jaarlijks valt te verwachten.
 - 14) Het groepsrisico is een maat voor de interne veiligheid en geeft de jaarlijkse kans weer dat zich - bij een bepaald gebruik en bij een bepaalde inrichting van de tunnel - in de tunnel een ramp voordoet met een bepaald aantal dodelijke slachtoffers.
 - 15) Met inundatie wordt bedoeld het vollopen van de tunnel met grond- of oppervlaktewater, als gevolg van en/of met als gevolg het onder water lopen van lager gelegen land.
 - 16) Een raming volgens de Project-Ramingen-Infrastructuur-systematiek uit 1995 is uniform opgebouwd uit een aantal standaard begrotingsposten, waaronder de posten directe kosten, bijkomende kosten en onvoorzien.
 - 17) Dynamische Route Informatie Panelen: elektronische lichtkranten boven de weg, waarop onder meer actuele file-informatie kan worden weergegeven.

Bijlage 2 Lijst van tabellen en figuren

	blz
Tabel 1 Kenmerken van de geselecteerde tunnelvarianten	20
Tabel 2 Gehanteerde percentages voor de staartkosten	46
Tabel 3 Gehanteerde percentages voor objectonvoorzien tunnelontwerp	46
Tabel 4 Gehanteerde percentages voor objectonvoorzien knooppunten	47
Tabel 5 Kostenraming per tunnelvariant (in miljard Euro, prijspeil 2002)	47
Figuur 1 Plangebied van de technische haalbaarheidsstudie	12
Figuur 2 Bouwmethodiek boortunnel	17
Figuur 3 Bouwmethodiek in-situ-tunnel	17
Figuur 4a Uitgewerkte dwarsprofielen conventionele boortunnelvarianten	21
Figuur 4b Uitgewerkte dwarsprofielen innovatieve boortunnelvarianten	22
Figuur 5 Uitgewerkte dwarsprofielen in-situ-tunnelvarianten	22
Figuur 6 Horizontale tracés aangesloten op uitgebreid knooppunt	24
Figuur 7 Horizontale tracés aangesloten op gereconstrueerd knooppunt	25
Figuur 8 Verticaal alignement (BT-1 t/m BT-4) inclusief bovenaanzicht	26
Figuur 9 Verticaal alignement (IST-1 en IST-2) inclusief bovenaanzicht	27
Figuur 10 Alternatief verticaal alignement (IST-1 en IST2)	28
Figuur 11 Weergave van het hooggelegen knooppunt Muiderberg (A1/A6)	29
Figuur 12 Weergave van het hooggelegen knooppunt Holendrecht (A2/A9)	30

Bijlage 3 Bijlagenrapport

De aan dit rapport ten grondslag liggende deelrapportages zijn gebundeld in een bijlagenrapport. Dit bijlagenrapport bestaat uit:

- deelrapport 1: Bureauonderzoek Geotechniek, FUGRO;
- deelrapport 2: Inventarisatie overige (omgevingsgegevens);
- deelrapporten + bijbehorende tekeningen over:
 - deelrapport 3a: Dwarsdoorsneden,
 - deelrapport 3b: Horizontaal Alignementen,
 - deelrapport 3c: Verticale Alignementen,
 - deelrapport 3d: Vormgeving van Knooppunten Muiderberg & Holendrecht
- deelrapport 4: Beoordeling Varianten (inclusief berekeningen veiligheid)
- deelrapport 5: Kostennota Haalbaarheidsstudie Rijksweg A6-A9
- deelrapport 6: Tekeningenlijst

