



Harm Jan Lammers	0822036
Sander Marais	0819129

Bedrijfsbegeleider	Dhr. R.A. van Ravesteijn
Afstudeerdocent	Dhr. H.J. Dommershuijzen
Tweede lezer	Mw. A.B. Mendez Lorenzo

Datum	11 juli 2013
-------	--------------

Vak code	CIVAFS40
Versie	1.0

E I N D R A P P O R T

Combineren van functies in de Blankenburgtunnel

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van het onderzoek naar het combineren van kabels en leidingen met de Blankenburgtunnel. Het onderzoek hebben wij uitgevoerd onder toezicht van Hompe en Taselaar. Zij kwamen met dit onderzoek en onder uitstekende begeleiding is dit rapport tot stand gekomen. Wij hebben hier de afgelopen twintig weken met plezier en toewijding aan gewerkt. Met dit onderzoek sluiten wij met trots onze vierjarige opleiding Civiele Techniek aan de Hogeschool Rotterdam af.

Onze grote dank gaat uit naar alle geïnterviewde specialisten die ons veel informatie en kennis hebben gegeven. Wij willen de personen bedanken die ons overvloedig hebben voorzien van de vele tekeningen en overige documentatie. Ook de lezers van ons rapport willen we bedanken voor hun feedback.

Verder willen we Richard van Ravesteijn, onze begeleider binnen Hompe en Taselaar, hartelijk bedanken voor alle tijd, moeite en kritische vragen. Frans Taselaar willen wij bedanken voor zijn meedenkende blik. Keer op keer wist hij weer kritische en opbouwende vragen te stellen zodat wij weer aan de bak konden. Zonder hun zoektocht naar de kansen van ons onderzoek was niet het huidige eindresultaat behaald.

Wij willen ook de begeleiding vanuit de Hogeschool bedanken. Meneer Dommershuijzen beoordeelde niet alleen ons werk, maar hielp in het zoeken naar een oplossing op de punten waar wij vastliepen. Onze dank hiervoor.

Dan rest ons alleen nog Hompe en Taselaar te bedanken voor de tijd en ruimte die wij kregen om ons afstudeeronderzoek te verrichten.

Harm Jan Lammers

Sander Marais

Amsterdam, 11-7-2013



Samenvatting

Het combineren van functies zoals verkeers- en kabels- en leidingentunnels lijkt voor de hand liggend. In de praktijk blijkt dit anders te zijn. Een enkele keer wordt er in het ontwerptraject gekeken naar de mogelijkheid van een combinatie van deze twee type infrastructuren. Dit wordt meestal niet doorgevoerd, met de rede: "het project is al complex genoeg", "het is te duur" maar ook omdat de vraag naar kabels en leidingen op voorhand niet altijd helder is. Naar aanleiding hiervan is er vanuit de opdrachtgever, Hompe en Taselaar, de vraag ontstaan of dit werkelijk zo complex en duur is. Om hierop antwoord te geven is in dit rapport aan de hand van een case gezocht naar "De meerwaarde van het combineren van de Blankenburgtunnel met kabels- en leidingeninfrastructuur?". Met dit onderzoek is een opzet gegeven om in de toekomst niet alleen te kijken naar de mogelijkheden, maar het ook daadwerkelijk uitwerken van een combinatie tussen een verkeerstunnel en kabels- en leidingentunnel.

Om de meerwaarde van het combineren te vinden is er een ontwerp gemaakt waarin de Blankenburgtunnel gecombineerd is met kabels en leidingen (de gecombineerde tunnel) en een tunnelontwerp met aparte boringen. Hiermee is een vergelijking gemaakt tussen de gecombineerde tunnel en de Blankenburgtunnel, met aparte boringen. De vergelijking is gedaan aan de hand van constructieve kosten. Aangezien het project zich in een studiefase bevindt is er rekening gehouden met een bandbreedte op de kosten. Naast de kostenvergelijking is er gekeken naar maatschappelijke aspecten die meerwaarde opleveren voor het combineren van kabels en leidingen met de Blankenburgtunnel.

Uit de kostenvergelijking kan geconcludeerd worden, mede door de bandbreedte, dat er weinig verschil is tussen de gecombineerde tunnel en de Blankenburgtunnel, met boringen. Wanneer er naar de kosten van de Blankenburgtunnel en de kosten van het aanbrengen van kabels en leidingen gekeken wordt, is niet op voorhand te concluderen dat het combineren van de verkeerstunnel met kabels en leidingen duurder is dan gescheiden aanbrengen. Uit dit rapport komt naar voren dat het voor de kleinere kabels en leidingen (< Ø500mm) goedkoper is om in de gecombineerde tunnel te liggen dan om apart te boren. Mede bepalend voor de combinatie zijn de hierna genoemde maatschappelijke aspecten die ontstaan bij het combineren. Waar weinig ruimte is voor waterkruisingen creëert de combinatie ruimte voor kruisingen, waarin veel tijdswinst valt te behalen bij het maken van verbindingen. Daarnaast wordt door de aanwezige voorziening de hoeveelheid overlast in de omgeving verminderd, die ontstaat bij het maken van boringen.

Aanbevolen wordt om vanaf het begin de mogelijke omgevingsontwikkeling mee te nemen en de maatschappelijke aspecten die meerwaarde opleveren te kwantificeren door een Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse op te stellen.

Summary

The combination of highway tunnels and utility tunnels seems logic. But in the daily practice the combination of these two functions does not occur. Some projects will look at the possibilities at the very beginning of the project, but don't apply the combination at the end. Mostly the reasons are: "The project is already too complicated", "It's too expensive", but also because the demand for utility infrastructures isn't clear. In result of this the client, Hompe and Taselaar, asked themselves whether making a combination is truly too expensive and complicated. By working out a case this report gives an answer to the question: "What is the added value of combining the Blankenburgtunnel with utility infrastructure?". With this research a basis is given for working out a combination with traffic tunnels and utility tunnels.

In order to find the added value of a combination two designs are made, which are compared with each other. The first design is the Blankenburgtunnel combined with utility infrastructure (the combined tunnel). The second design is the Blankenburgtunnel with horizontal directional drillings of the same amount of utilities. The comparison is done on the basis of construction costs. Over the costs there is considered a bandwidth, because of the project phase. Besides the comparison of the costs, also the social aspects are considered on a qualitative basis.

From the research it can be concluded that in the cost elements there is little difference between the combined tunnel and the Blankenburgtunnel with horizontal drillings. The bandwidth makes it difficult to define a larger difference. In advance it cannot be concluded that the combined tunnel will be more expensive when the entire project is considered. In this report it clarifies that it is less expensive for cables and pipelines with a diameter smaller than Ø500mm to be accommodated in the tunnel, instead of being drilled. When the social aspects are taken into account the combined tunnel is favorite. The combined tunnel creates the possibility for river crossings in areas where there is limited space. On top of that, the combined tunnel gives on hand facilities for making connections. Also the amount of inconvenience in the area, because of the horizontal drillings, will be reduced.

It is recommended for tunnel projects in the future that the potential need for future utility of the area is taken into account from the beginning on and to quantify the social aspects which provide benefits through a Social Cost-Benefit Analysis.



Inhoudsopgaven

1. INLEIDING	6	6. PRINCIPE ONTWERP BORING	22
1.1. Aanleiding	6	6.1. Inleiding	22
1.2. Scope van het onderzoek	6	6.2. Tracé	22
1.3. Probleemstelling	6	6.3. Boring/bundelingen.....	23
1.4. Doel van het onderzoek	6	6.4. Kosten	23
1.5. Opzet van het onderzoek	6	7. KOSTEN VERGELIJKING.....	24
1.6. Leeswijzer	7	7.1. Inleiding	24
2. QUICKSCAN.....	8	7.2. Kosten vergelijking	24
2.1. Inleiding	8	7.3. Verdiensten	25
2.2. Gecombineerde tunnel	8	7.4. Conclusie	25
2.2.1. Bepalen ruimte voor kabels en leidingen	8	8. MEERWAARDE	26
2.2.2. Blankenburgtunnel	8	8.1. Inleiding	26
2.2.3. Schetsontwerpen	9	8.2. Ruimte gebruik	26
2.2.4. Kosten en keuze	9	8.3. Kosten	26
2.3. Boringen	10	8.4. Groei	26
2.3.1. Kabels en leidingen in de tunnel	10	8.5. Conflict gebieden.....	27
2.3.2. Kabels en leidingen geboord	10	8.6. Onderhoud	27
2.4. Vergelijking	12	8.7. Conclusie	27
2.5. Conclusie	12	9. CONCLUSIE EN AANBEVELING	29
3. KEUZE KABELS EN LEIDINGEN	13	LITERATUURLIJST	30
3.1. Inleiding	13	ILLUSTRATIEVERANTWOORDING	31
3.2. Ontwikkelingsverwachtingen	13	BIJLAGEN	32
3.3. Conclusie	13	• Bijlage 1. QuickScan.....	32
4. BLANKENBURGTUNNEL	14	• Bijlage 2. Verdiepingsverslag	32
4.1. Inleiding	14	• Bijlage 3. Afstudeerplan.....	32
4.2. Kosten	14		
5. ONTWERP GECOMBINEERDE TUNNEL	15		
5.1. Inleiding	15		
5.2. Gecombineerde tunnel ontwerp	15		
5.2.1. Indeling kabels en leidingen	15		
5.2.2. Verdeelement	16		
5.2.3. Verdeelement zuid	16		
5.2.4. Verdeelement noord	18		
5.3. Kabels en leidingen in de tunnels	20		
5.3.1. ILT inrichting	20		
5.3.2. Intrekken kabels en leidingen.....	20		
5.4. Kosten gecombineerde tunnel	20		

Inleiding

1

1.1. Aanleiding

Een tunnel wordt vaak maar voor één functie aangelegd. Een enkele keer wordt een combinatie gemaakt van functies zoals verkeer en spoor. Maar een combinatie van functies zoals verkeer en kabels en leidingen wordt in de praktijk niet toegepast. In Nederland zijn de afgelopen decennia al veel verkeerstunnel en Integrale kabels- en Leidingentunnels (ILT's) gebouwd. Een enkele keer wordt er in het ontwerptraject gezocht naar een combinatie van deze twee type tunnels. Dit wordt meestal niet doorgevoerd, met de rede: "het project is al complex genoeg", "het is te duur" maar ook omdat de vraag naar kabels en leidingen op voorhand niet altijd helder is. Naar aanleiding hiervan is er vanuit de opdrachtgever, Hompe en Taselaar, de vraag ontstaan of dit werkelijk zo complex en duur is.

Door het uitwerken van een case, waarin één tunnel uitgewerkt wordt, is aan te tonen of het combineren van een verkeerstunnel met kabels en leidingen meerwaarde op kan leveren. Meerwaarde kan ook gevonden worden door naar maatschappelijke aspecten te kijken. Dit rapport beschrijft de zoektocht naar de meerwaarde van de combinatie van de Blankenburgtunnel met kabels en leidingen (de gecombineerde tunnel). Het uitwerken van de Blankenburgtunnel kan de basis zijn om in de toekomst bij het ontwerp van een verkeerstunnel onderzoek te doen naar het maken van een combinatie met kabels en leidingen.

Er is voor de Blankenburgtunnel gekozen omdat een oplossing uit dit onderzoek nog geïmplementeerd kan worden in de te maken tunnel. De minister heeft besloten dat de variant "Krabbeplas-West" het tracé voor de Blankenburgtunnel wordt. De Blankenburgtunnel is een onderdeel van De Nieuwe Westelijk Oeververbinding, oftewel project NWO. Project NWO wordt gerealiseerd om de A15 Maasvlakte/Mainport Rotterdam te verbinden met de A20 Westland/Haaglanden. Hierdoor ontstaat er een betere bereikbaarheid in de regio Rotterdam. Het tracé van de Blankenburgtunnel is te zien in Figuur 1. [1]

1.2. Scope van het onderzoek

Dit onderzoek richt zich op nieuw te bouwen tunnels. Met de Blankenburgtunnel wordt het gesloten deel van de tunnel onder Het Scheur (ook wel De Nieuwe Waterweg genoemd) met de toeritten bedoeld. De aansluiting van de wegen met de omgeving wordt buiten beschouwing gelaten. In het ontwerp wordt wel uitgelegd hoe de kabels en leidingen aan

kunnen sluiten op de omgeving. In dit onderzoek is geen maatschappelijke kosten-batenanalyse gemaakt. Er is wel naar een aantal maatschappelijke aspecten gekeken die meerwaarde kunnen opleveren voor het combineren van functies.

1.3. Probleemstelling

De aanleiding en de scope van het project hebben ertoe geleid de volgende probleemstelling te formuleren.

"Wat is de meerwaarde van het combineren van de Blankenburgtunnel met kabels- en leidingeninfrastructuur?"

1.4. Doel van het onderzoek

Om de probleemstelling te kunnen beantwoorden is er een doel gesteld waarnaar gewerkt is in dit onderzoek. Het doel van het onderzoek is het vinden van meerwaarde voor de gecombineerde tunnel. Dit is gevonden door het maken van een ontwerp voor de gecombineerde tunnel en het maken van een principe ontwerp voor het boren van een vergelijkbare hoeveelheid kabels en leidingen. Van deze twee ontwerpen worden de constructieve kosten bepaald om in een vergelijking te zien welke beter naar voren komt. Wanneer de vergelijking gemaakt is, kan er gekeken worden of er meerwaarde ontstaat voor de gecombineerde tunnel.

1.5. Opzet van het onderzoek

Dit onderzoek bestaat uit twee fasen. In de eerste fase wordt vanuit een QuickScan grof gekeken naar de Blankenburgtunnel met kabels en leidingen en de Blankenburgtunnel met aparte boringen. Dit is gedaan om een totaalbeeld te krijgen van de belangrijke aspecten waarmee rekening gehouden moet worden in de vervolgfase, maar ook om een onderbouwde schatting van de kosten te kunnen maken. Verder is dit gedaan om te kijken of het combineren van de Blankenburgtunnel met kabels en leidingen haalbaar is. Afhankelijk van de conclusie van de QuickScan is in overleg met de opdrachtgever en begeleider vanuit de Hogeschool Rotterdam besloten hoe de vervolgstappen uitgewerkt worden in de tweede fase, de verdiepfase. Wanneer blijkt dat het combineren niet haalbaar is, wordt er onderzocht wat hier de oorzaak van is en hoe het wel haalbaar gemaakt kan worden. Als blijkt dat de combinatie wel haalbaar is, worden de ontwerpen gedetailleerder uitgewerkt. Op de volgende pagina staat beschreven hoe beide fasen uitgewerkt zijn.



1. QuickScan

In deze fase zijn er een viertal stappen uitgewerkt.

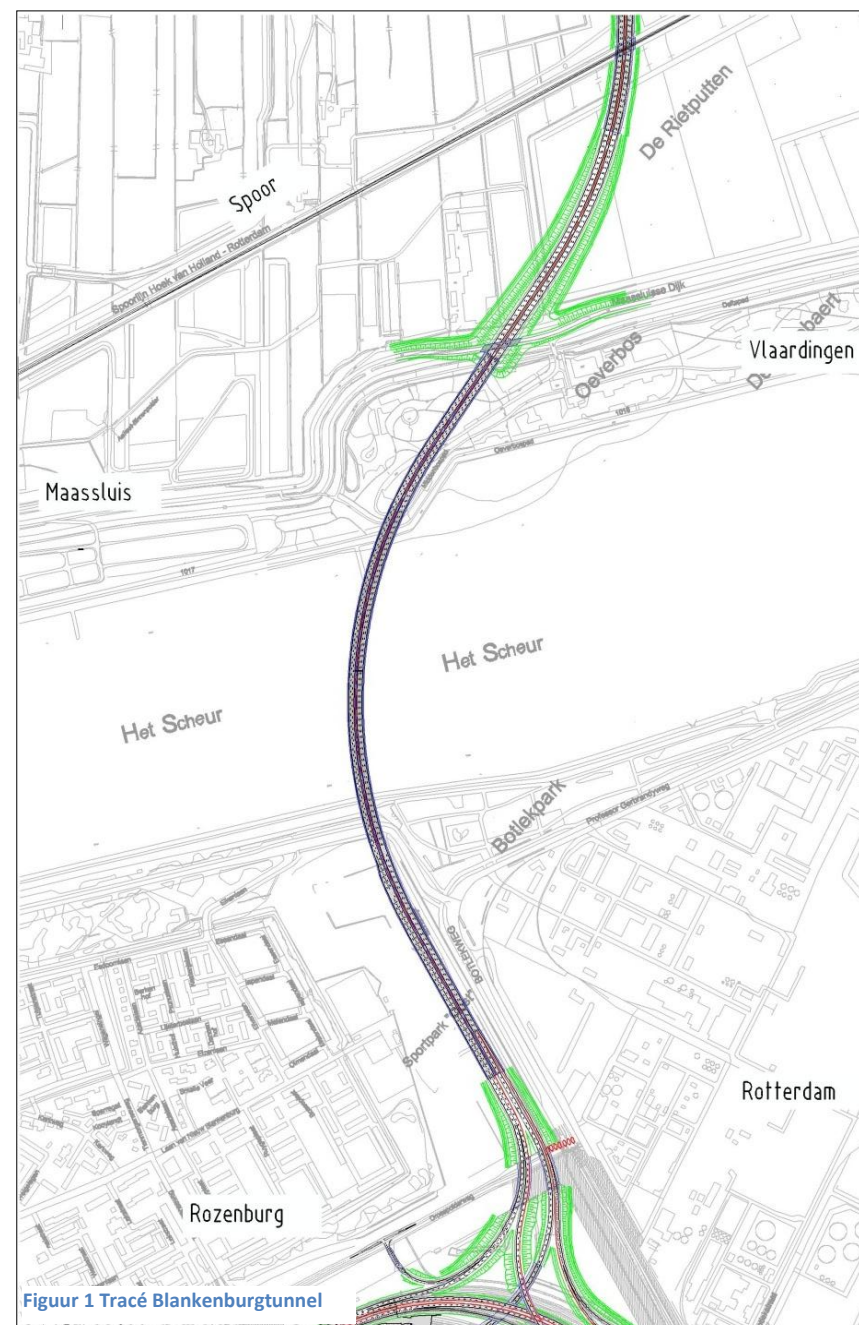
- Er is uitgezocht wat de constructieve kosten zijn van de Blankenburgtunnel
- Aan de hand van referentieprojecten is er uitgezocht hoe groot de ruimte voor kabels en leidingen voor de gecombineerde tunnel wordt en welke constructieve kosten hierbij horen.
- Er is uitgezocht wat de kosten voor het boren van een vergelijkbare hoeveelheid aan kabels en leidingen zijn.
- Vervolgens is er een vergelijking gemaakt tussen de gecombineerde tunnel en de Blankenburgtunnel met boringen.

2. Verdieping

Uit de QuickScan kwam naar voren dat het mogelijk is de Blankenburgtunnel met kabels en leidingen te combineren. Daarom is er gekozen in de verdieping de ontwerpen voor de gecombineerde tunnel en de boringen verder uit te werken. Zo zal het bepalen van ruimte in de gecombineerde tunnel beter onderzocht worden en zullen de kosten uitgebreider en nauwkeuriger berekend worden voor een betere kostenberekeningen. Het ontwerp van de boring wordt aan de hand van referentie boringen geoptimaliseerd. Nadat beide ontwerpen gedetailleerder zijn uitgewerkt, worden ze op basis van de berekende kosten met elkaar vergeleken om te kijken welke conclusie er getrokken kan worden. Om een conclusie niet alleen op financiële meerwaarde te baseren wordt er ook gekeken naar maatschappelijke aspecten die meerwaarde kunnen opleveren.

1.6. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 staat beschreven hoe de QuickScan is gedaan en wat hieruit geconcludeerd kan worden. Hoofdstukken 3 t/m 8 beschrijven de verdiepingfase. In hoofdstuk 3 staat hoe de keuze voor de kabels en leidingen is gemaakt. In hoofdstuk 4 wordt uitgelegd hoe de kosten van de Blankenburgtunnel zijn uitgewerkt. De kabels en leidingen uit hoofdstuk 3 worden in hoofdstuk 5 als basis gebruikt voor het maken van het ontwerp. Hierin staat beschreven hoe het ontwerp van de gecombineerde tunnel eruit ziet en hoe de kosten opgebouwd zijn. Hoofdstuk 6 verteld hoe het principe ontwerp van de boringen tot stand is gekomen en welke kosten hierbij horen. De vergelijking van de kosten van de gecombineerde tunnel en de boringen staat beschreven in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 staat beschreven welke aspecten meerwaarde kunnen opleveren voor de gecombineerde tunnel. Het onderzoek wordt afgesloten met hoofdstuk 9: de conclusie. Bij dit verslag zitten 3 bijlagen. De eerste bijlage is de verdere uitwerking van de QuickScan. De tweede bijlage is de verdere uitwerking van de verdiepingfase. De gemaakte ontwerptekeningen zijn als bijlagen bijgevoegd bij dezen twee documenten. De derde bijlage is het afstudeerplan.



Figuur 1 Tracé Blankenburgtunnel

QuickScan

2

2.1. Inleiding

De QuickScan is gedaan om snel een idee te krijgen van de haalbaarheid van de Blankenburgtunnel gecombineerd met kabels en leidingen. Maar ook om een totaalbeeld te krijgen van de belangrijke aspecten waarmee rekening gehouden moet worden in de vervolgfase. De QuickScan bestaat uit het uitwerken van twee ontwerpen. Het eerste ontwerp gaat over de Blankenburgtunnel, waarin ruimte voor kabels en leidingen toegevoegd is. Het andere ontwerp gaat over de boringen naast de Blankenburgtunnel, met dezelfde hoeveelheid kabels en leidingen. Van deze ontwerpen zijn vervolgens de constructieve kosten met elkaar vergeleken. Dit is om snel aan te geven of een gecombineerde tunnel goedkoper is dan het gescheiden aanbrengen van de Blankenburgtunnel en de aparte boringen. Verder zijn de ontwerpen gemaakt om een basis te geven voor uitwerking in de tweede fase van het onderzoek.

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de keuze voor ruimte voor kabels en leidingen is gemaakt en hoe dit vertaald is naar het maken van schetsontwerpen. Nadat beschreven is hoe de kosten voor de boring tot stand zijn gekomen wordt dit hoofdstuk afgesloten met de vergelijking van de gevonden kosten en welke aspecten meegenomen worden naar de verdiepingsfase.

2.2. Gecombineerde tunnel

De gecombineerde tunnel is tot stand gekomen door eerst naar referentieprojecten van ILT's te kijken om een inschatting te maken van de grootte van een ILT. Vervolgens is de doorsnede van de Blankenburgtunnel beschouwd om te kijken waar deze ruimte toegevoegd kan worden, dit resulteert in acht schetsontwerpen. Hierna zijn de constructieve kosten berekend van de Blankenburgtunnel en van de acht schetsontwerpen, waarin de Blankenburgtunnel gecombineerd is met kabels en leidingen.

2.2.1. Bepalen ruimte voor kabels en leidingen

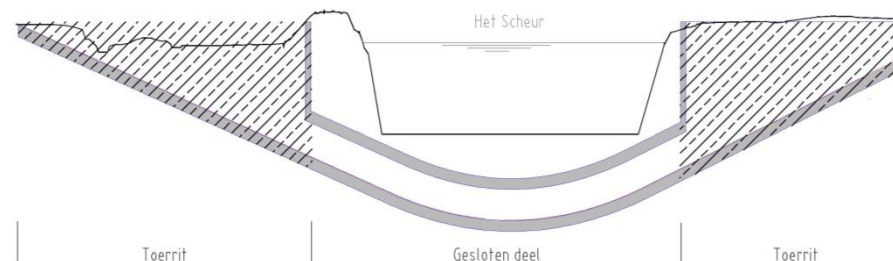
Voor het bepalen van de ruimte die nodig is voor kabels en leidingen in de gecombineerde tunnel, zijn er verkeerstunnels gezocht die gecombineerd zijn met kabels en leidingeninfrastructuur. Aangezien deze niet gevonden zijn, is er gekeken naar een zestal ILT's die in Nederland gerealiseerd zijn. Bij deze ILT's is er gekeken naar de binnenoppervlakte van de tunnel ten opzichte van de omvang van de kabels en leidingen. Met deze informatie zijn er drie afmetingen gekozen waarop de schetsontwerpen zijn gebaseerd.

De beschouwde ILT's (op één na) zijn onderdeel van de buisleidingenstrook van Leidingenstraat Nederland (LSNed). Het gaat hier om de doorvoer van de haven van Rotterdam naar Antwerpen. Hier gaan vrij grote ($> \varnothing 900\text{mm}$) en vrij veel kabels en leidingen doorheen. Voor de QuickScan is aangenomen dat er door de gecombineerde tunnel geen of nauwelijks grote buis diameters komen, omdat de Blankenburgtunnel buiten het tracé van LSNed valt. Daardoor kan er een kleinere oppervlakte voor de kabels en leidingen beschouwd worden bij de schetsontwerpen. De gemiddelde grootte van de beschouwde ILT's ($12,4\text{m}^2$) is hier als bovengrens aangehouden. Er is voor gekozen om 11m^2 , 9m^2 of 7m^2 toe te voegen aan het huidige ontwerp van de Blankenburgtunnel. Door naar drie verschillende afmetingen te kijken is in kaart gebracht wat de impact is van vergroten van het bestaande ontwerp.

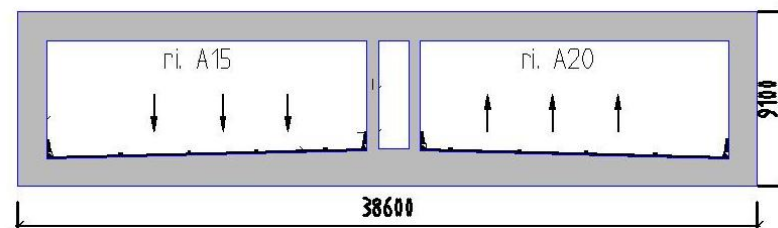
2.2.2. Blankenburgtunnel

Aan de hand van de dwarsprofielen van het conceptontwerp van de Blankenburgtunnel, zijn de veranderlijke constructieve kosten berekend. Zoals beschreven staat in paragraaf 2.2.4.

De tunnel bestaat uit een gesloten deel en toeritten, zoals te zien in Figuur 3. Het gesloten deel van de tunnel heeft een lengte van 760 meter. De toeritten hebben een totale lengte van 953 meter. Het dwarsprofiel uit Figuur 2 is de basis voor de schetsontwerpen.



Figuur 3 Lengteprofiel Blankenburgtunnel



Figuur 2 Dwarsprofiel Blankenburgtunnel

2.2.3. Schetsontwerpen

Voor het combineren van de Blankenburgtunnel met kabels en leidingen, zijn er acht varianten gemaakt waarin er ruimte is verwerkt voor kabels en leidingen. De varianten verschillen in hoeveelheid toegevoegde binnenoppervlakte (11m^2 , 9m^2 of 7m^2) en in de locatie waar de ruimte voor kabels en leidingen is toegevoegd. Zo is er bij 2 varianten ruimte aan beide zijken en over de gehele hoogte van de tunnel toegevoegd. De vluchtgang in het midden wordt vervangen door de gangen van de ILT's. Bij 3 varianten is aan één zijde als het ware een extra tunnel gemonteerd. De ILT bestaat uit een gang in het midden en aan beide zijde ruimte voor kabels en leidingen. In de laatste 3 varianten (variant 6, 7 en 8), waarvan de dwarsdoorsneden in Figuur 4 te zien zijn, is er gezocht naar ruimte in de vluchtgang. De vluchtgang wordt breder gemaakt en opgedeeld in twee compartimenten. De bovenste verdieping wordt een ILT, met een looppad en aan beide zijde ruimte voor kabels en leidingen. De onderste verdieping blijft de vluchtgang. In bijlage 1 hoofdstuk 5 zijn de dwarsdoorsneden van alle acht de varianten te zien en verder toegelicht.

2.2.4. Kosten en keuze

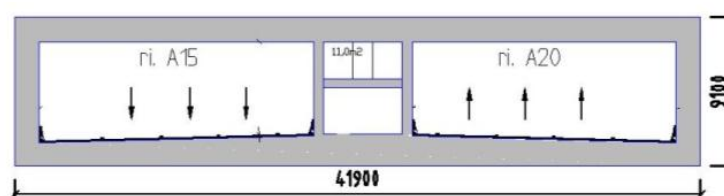
Aan de hand van de dwarsdoorsneden is er voor de Blankenburgtunnel en alle varianten berekend hoeveel beton de constructieve oppervlakte bevat. De hoeveelheid beton wordt vermenigvuldigd met de kosten per m^3 van de tunnel. De constructieve kosten zijn berekend op € 635,00 per m^3 en bevatten geen vaste kosten zoals: damwanden, bouwdok, transport of het afzinken van elementen. De kosten die wel berekend zijn, zijn kosten voor beton, wapening, bekisting ect.. Voor verder uitleg en opbouw van de kosten zie bijlage 1, hoofdstuk 2.

In Tabel 1 is te zien hoeveel vierkante meters aan binnenoppervlakte toegevoegd is en hoeveel van deze ruimte gebruikt kan worden voor kabels en leidingen. Verder is weergegeven wat de constructieve kosten voor de Blankenburgtunnel en voor varianten 6 t/m 8 zijn. Er wordt ook weergegeven wat het constructieve kostenverschil is tussen de varianten en de Blankenburgtunnel.

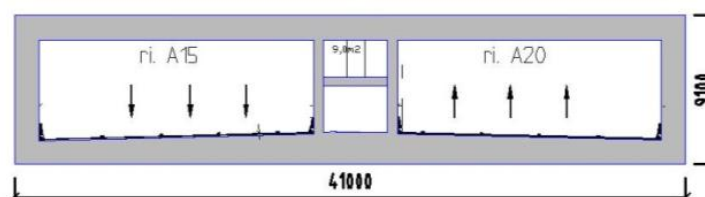
Uit de QuickScan komen de varianten 6 t/m 8 het goedkoopst uit de vergelijking. Dit komt omdat er efficiënter wordt omgegaan met de toegevoegde ruimte, er hoeft relatief weinig beton toegevoegd te worden voor de hoeveelheid ruimte voor kabels en leidingen. Daarom worden deze varianten als basis gebruikt voor de vergelijking met de boringen en is er voor gekozen de overige varianten niet verder uit te werken.

	Binnen- oppervlakte (m^2)	Kosten totaal (€ in mln.)	Verskil met Blankenburgtunnel (€ in mln.)
Blankenburgtunnel	-	96,0	-
Variant 6	11,0	110,8	14,8
Variant 7	9,0	106,8	10,8
Variant 8	7,0	103,1	7,1

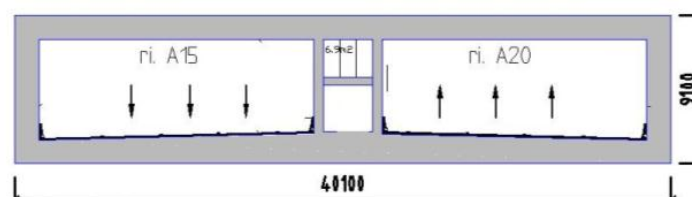
Tabel 1 Vergelijking constructieve kosten Blankenburgtunnel met Varianten



Variant 6



Variant 7



Variant 8

Figuur 4 Varianten 6 t/m 8

2.3. Boringen

Om de kosten voor de boringen te kunnen bepalen moet eerst de hoeveelheid kabels en leidingen in kaart gebracht worden. In de vorige paragraaf staat beschreven hoe de afmeting van de tunnel tot stand is gekomen, maar in de varianten zijn nog geen kabels en leidingen opgenomen.

2.3.1. Kabels en leidingen in de tunnel

Voor de gekozen varianten zijn een aantal kabels en leidingen van verschillende diameters toegevoegd. Welke kabels en leidingen door de tunnel komen is lastig te bepalen, daarom is er een keuze gemaakt om zoveel mogelijk te variëren in buis diameters. Dit omdat dan inzichtelijk wordt, voor welke diameters de gecombineerde tunnel gebruikt kan worden. Zo is er ruimte voor kabels van $\varnothing 40\text{mm}$ doorsnede tot leidingen van $\varnothing 900\text{mm}$ doorsnede. Doordat de grootte van de varianten verschillend zijn, zijn ook het aantal kabels en leidingen per variant verschillend. In Figuur 5, Figuur 8 en Figuur 9 is te zien welke kabels en leidingen in welke variant verwerkt zijn. Aan de hand van een omgevingsscan kan de keuze voor kabels en leidingen beter onderbouwd worden.

2.3.2. Kabels en leidingen geboord

Er zijn 3 schetsontwerpen uitgewerkt met kabels en leidingen, om een vergelijking te maken zijn er ook 3 varianten voor de kosten van de boring gemaakt. De kabels en leidingen aanbrengen zal geschieden middels een horizontaal gestuurde boring (HDD). Dit is een sleuf loze techniek waarbij eerst een pilot geboord wordt om vervolgens het boorgat te verruimen zodat de definitieve leiding getrokken kan worden. [2] Waterschap Rivierenland geeft een HDD de voorkeur bij het kruisen van een rivier [3].

Door de vergelijking is het verschil in kosten te zien tussen de gecombineerde tunnel en dezelfde hoeveelheid kabels en leidingen in een boring. De kosten die bepaald zijn, zijn kosten inclusief posten als opslag en transport, stellen en lassen, materiaalkosten en boren en intrekken van de leiding, maar exclusief kosten voor bouwketen, engineering, ect.. [4]

Om niet voor elke Telecom- en Electrakabel een boring te maken worden er bundelingen gemaakt om kosten op het aantal boringen te besparen. Dit brengt wel meer materiaalkosten met zich mee, doordat er extra leidingen nodig zijn. In Figuur 7 is deze bundeling weer gegeven. Bij de overige leidingen zijn de getrokken definitieve leidingen ook de medium voerende leidingen.

De boringen zullen niet dezelfde lengte hebben als de lengte van de Blankenburgtunnel. Voor de QuickScan is een tracé gekozen, om de kosten voor de boringen te kunnen berekenen. In Figuur 6 staat dit tracé aangegeven. Deze locatie geeft gelijk problemen. Wanneer de

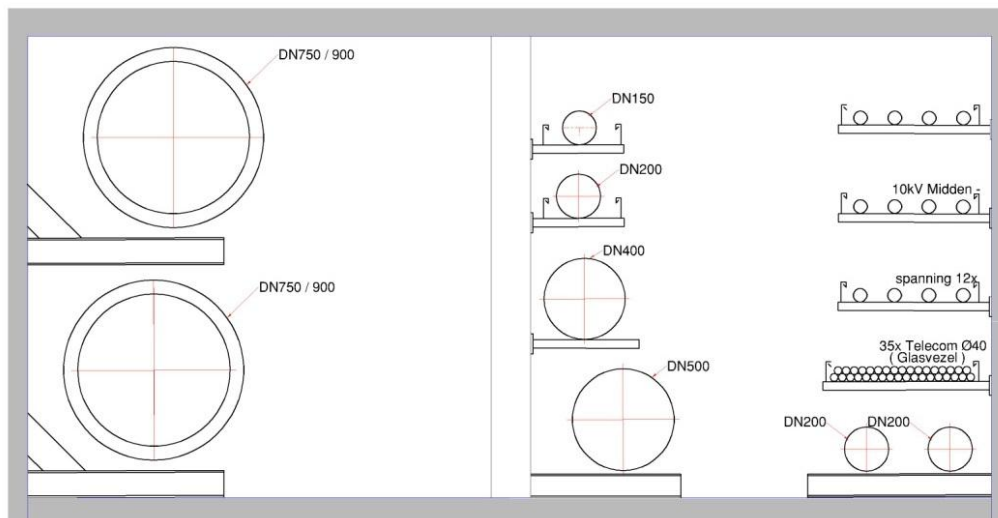
Blankenburgtunnel gerealiseerd is, is hier weinig ruimte over voor het maken van boringen. Verder is er ook aan de noordkant weinig ruimte door de hoeveelheid bomen en de aanwezige spoorlijn van Hoek van Holland naar Rotterdam. Naar verwachting zal dit resulteren in een langer tracé. Voor de QuickScan is gekozen om dit tracé aan te houden om een schatting van de kosten te kunnen maken. In de verdieping is dit tracé onderzocht en verbeterd.

In Tabel 2 zijn de kosten voor het aanleggen van de kabels en leidingen doormiddel van boringen te zien. Boring 1 heeft evenveel kabels en leidingen als variant 6, boring 2 evenveel als variant 7 en boring 3 evenveel als variant 8. In bijlage 1, hoofdstuk 6, is de opbouw van de kosten te zien.

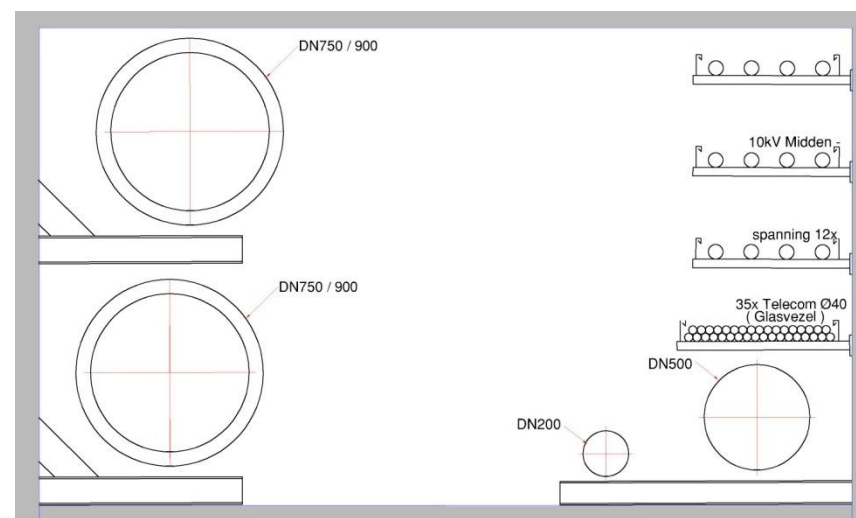
Variant	Totaal
Boring 1	€ 16.411.000
Boring 2	€ 12.939.000
Boring 3	€ 12.155.000

Tabel 2 Kosten aanleggen d.m.v. boring

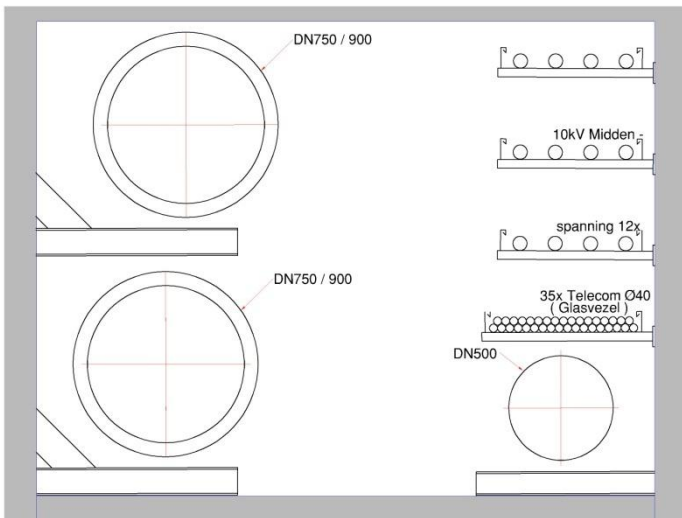




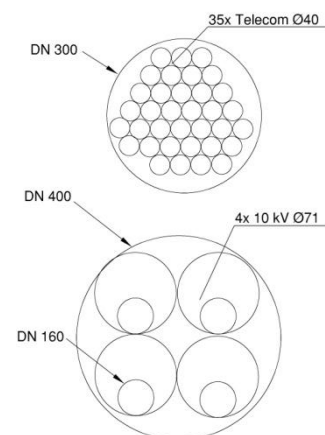
Figuur 9 variant 6 voorzien van kabels en leidingen



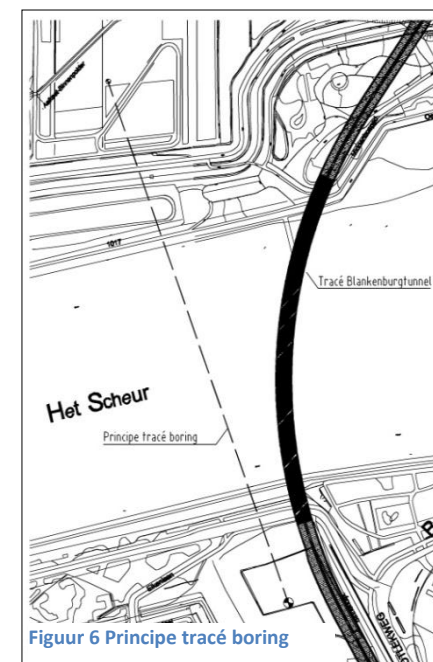
Figuur 8 variant 7 voorzien van kabels en leidingen



Figuur 5 variant 8 voorzien van kabels en leidingen



Figuur 7 Bundeling voor boringen



Figuur 6 Principe tracé boring

2.4. Vergelijking

In de voorgaande paragrafen is er onderzocht wat de constructieve kosten zijn om de Blankenburgtunnel te combineren met kabels en leidingen. Verder is er gekeken hoeveel het kost om dezelfde hoeveelheid aan kabels en leidingen te boren naast de Blankenburgtunnel. In deze paragraaf zijn de kosten voor de boringen vergeleken met de constructieve kosten van de extra ruimte in varianten 6, 7 en 8 om te kijken of er een verschil in kosten te vinden is.

Bij de constructieve kosten van varianten 6 t/m 8 zijn de materiaalkosten van de leidingen opgeteld, om een één op één vergelijking te maken met de losse boringen. Uit de vergelijking is te zien wat het verschil is tussen de kosten voor extra ruimte en de kosten voor de losse boringen. In Tabel 3 zijn de verschillen weergegeven.

	Kosten boring (€ in mln.)	Kosten extra ruimte (€ in mln.)	Vershil, Boren – Tunnel (€)
Variant 6	16,4	16,5	-74.441
Variant 7	12,9	12,1	810.320
Variant 8	12,2	8,4	3.762.155

Tabel 3 Vergelijking constructieve kosten

Over de kosten voor zowel de boring, als de extra ruimte, zit een bandbreedte van 40%. Dit betekent dat de berekende kosten 40% hoger of lager kunnen uitvallen. De bandbreedte hangt samen met de studiefase en de onzekerheden in deze fase. In dit project zijn er nog veel ontwerponzekerheden, waardoor de bandbreedte 40% is. Hierdoor kan er niet geconcludeerd worden welke variant goedkoper is. Voor grafieken met de bandbreedtes, zie bijlage 1, hoofdstuk 7.

2.5. Conclusie

Uit de QuickScan blijkt dat de kosten voor de extra ruimte in de gecombineerde tunnel vrijwel gelijk zijn aan de kosten voor losse boringen naast de Blankenburgtunnel. Dit komt doordat er in deze studiefase rekening gehouden is met een bandbreedte van 40% op de berekende kosten.

Er is nog veel ruimte voor optimalisatie van de varianten en dit zal de kosten beïnvloeden. Uit de QuickScan komt naar voren dat de schetsontwerpen waarbij er met zo min mogelijk beton zoveel mogelijk bruikbare ruimte wordt gecreëerd voordeliger uit de vergelijking komen. Uit het bovenstaande valt te concluderen dat een combinatie, met de Blankenburgtunnel en kabels en leidingeninfrastructuur, haalbaar is. Daarom is ervoor gekozen de gemaakte ontwerpen als basis te nemen voor de verdiepingsfase. In deze fase is er rekening mee gehouden dat het kritisch kijken naar de toegevoegde ruimte, kosten besparend zijn. De gecombineerde tunnel en de Blankenburgtunnel met boringen zijn verder uitgewerkt om een nauwkeurigere vergelijking te maken. Er is gezocht naar een locatie waar minder extra beton nodig is voor dezelfde hoeveelheid kabels en leidingen.

Keuze kabels en leidingen

3

3.1. Inleiding

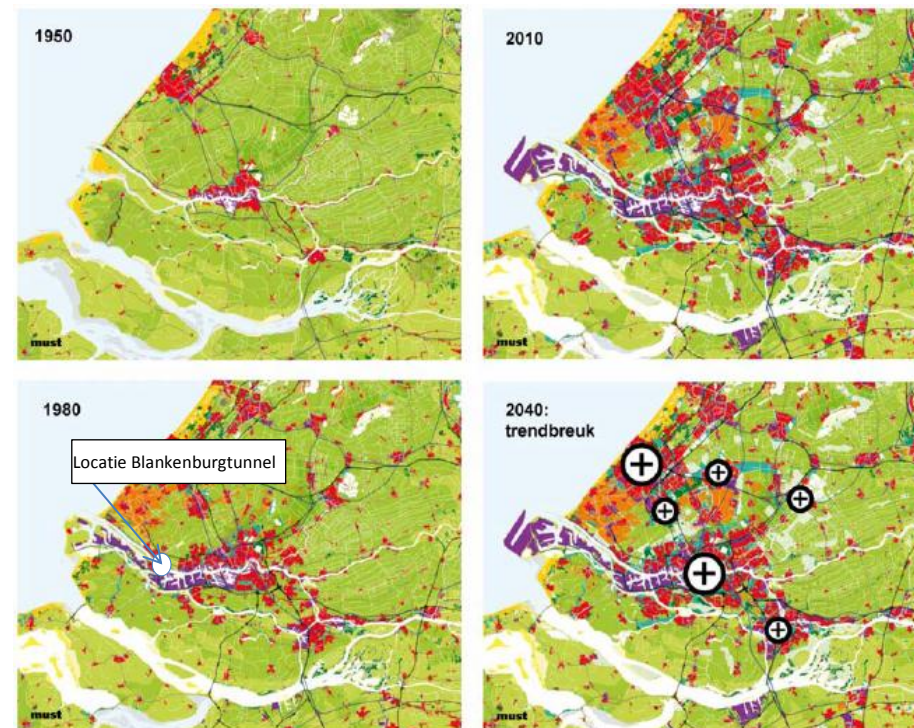
In de QuickScan is gekeken naar de hoeveelheid ruimte die toegevoegd wordt aan de Blankenburgtunnel. In dit hoofdstuk staat beschreven waarom niet de grootte van de ruimte, maar het aantal kabels en leidingen de basis is van de keuze voor uitbreiding van de Blankenburgtunnel. In dit hoofdstuk wordt toegelicht waarop de keuze voor het type kabels en leidingen is gebaseerd.

3.2. Ontwikkelingsverwachtingen

Om te bepalen welke type kabels en leidingen en met welke afmetingen in de gecombineerde tunnel komen is er naar de ontwikkelingsverwachtingen van de omgeving gekeken. Deze verwachtingen brengen de vraag naar kabels en leidingen in kaart.

De buisleidingenstrook in de haven van Rotterdam is een strook gereserveerde ruimte voor kabels en leidingen die van nationaal belang zijn. Bij Hoogvliet gaat de strook over in de buisleidingenstraat van LSned en loopt tot aan Antwerpen. Port of Rotterdam geeft aan dat de buisleidingenstrook in Rotterdam aan uitbreiding toe is. Deze uitbreiding wordt momenteel gerealiseerd ten zuiden van de huidige strook. De Blankenburgtunnel bevindt zich niet in buisleidingenstrook of de uitbreiding van de strook. Daarom is er vanuit het havenbedrijf, geen behoefte om de gecombineerde tunnel te gebruiken. [5]

In Figuur 10 is de (verwachte) stedelijke ontwikkeling van 1950 tot 2040 te zien. Hierin is te zien dat er in het gebied ten noorden van de locatie van de gecombineerde tunnel nog veel groei zal plaatsvinden. Hierbij vindt de grootste groei plaats in de ruimtegebruikfunctie wonen. Volgens onderzoek groeit het aantal inwoners in de Randstad tot 2025 met ongeveer 700 duizend. Tussen 2025 en 2040 komen er nog 400 duizend inwoners bij. [6] Tot ongeveer het jaar 2010 waren de steden in de Randstad aan het uitbreiden. De verwachting rond 2040 is een trendbreuk van deze uitbreiding. De steden zullen niet veel verder uitbreiden maar juist compacter worden, dit betekent dat er een hoger aantal inwoners is per km². Er wordt steeds meer multifunctioneel omgegaan met de beschikbare ruimte. Kabels en leidingen zijn onderverdeeld in hoofd-, midden- en ondernetten. Het middennet verzorgt de distributie van de hoofdnetten naar de ondernetten. Waar voor de meeste netwerken van kabels en leidingen de hoofdnetwerken bijna compleet zijn, ontstaat er door de trendbreuk een groeiende vraag naar extra middennetwerken. Zo zijn er voor de middennetwerken nieuwe verbindingen nodig. Dit is de hoofdreden dat de gecombineerde tunnel zich vooral toespits op deze middennetwerken.



Figuur 10 Ruimtelijk ontwikkeling 1950 - 2040

3.3. Conclusie

In dit hoofdstuk staat beschreven waarop de keuze voor kabels en leidingen voor de gecombineerde tunnel is gebaseerd. Door de verwachtingen in de omgeving als basis te nemen i.p.v. de afmetingen van referentieprojecten, sluit de gecombineerde tunnel beter aan op de omgeving. In Tabel 4 is de keuze van de kabels en leidingen onder elkaar gezet. In bijlage 2 staat de keuze per type kabel of leiding beschreven.

In de volgende hoofdstukken zijn deze kabels en leidingen de basis bij het bepalen van de grootte van de ILT en bij het ontwerp van de boringen.

Type	Diameter (mm)	Aantal
Telecom	40	40
Elektra	57	18
Water	200	2
Gas	200	2
CO ₂	600	2
Overig	500	2
Overig	400	1
Overig	200	2

Tabel 4 Keuze kabels en leidingen

Blankenburgtunnel

4

4.1. Inleiding

De dwarsdoorsneden van de Blankenburgtunnel zijn gebruikt om schetsontwerpen te maken met ruimte erin voor kabels en leidingen. Bij de QuickScan werd vooral naar de extra ruimte gekeken. In de verdieping is de volledige tunnel beschouwd voor een betere en completere vergelijking. Daarom is de berekening van de kosten kritisch bekeken en waar nodig verbeterd.

In de QuickScan wordt er geen rekening gehouden met de afnemende wandhoogte en het verschil in lengte van de toeritten. Te zien in het lengteprofiel van de Blankenburgtunnel, Figuur 11. Doordat de toeritten niet identiek zijn, is de berekening opgedeeld in kosten voor zuid en kosten voor noord. Verder is de constructie in meerdere elementen opgedeeld (zoals: dak, wand en vloer) waardoor een nauwkeurigere berekening gemaakt is. Dit omdat in het dak bijvoorbeeld meer wapening zit dan in de wanden of in de vloer. Door de optimalisatie en verdiepingstappen in het berekenen van de kosten veranderen de constructieve kosten voor de Blankenburgtunnel mee, ondanks dat de constructie zelf niet veranderd is.

In Figuur 13 is de dwarsdoorsnede te zien waarmee de constructieve kosten voor het gesloten deel berekend zijn. In Figuur 12 is de dwarsdoorsnede te zien waarmee de constructieve kosten voor de toeritten berekend zijn.

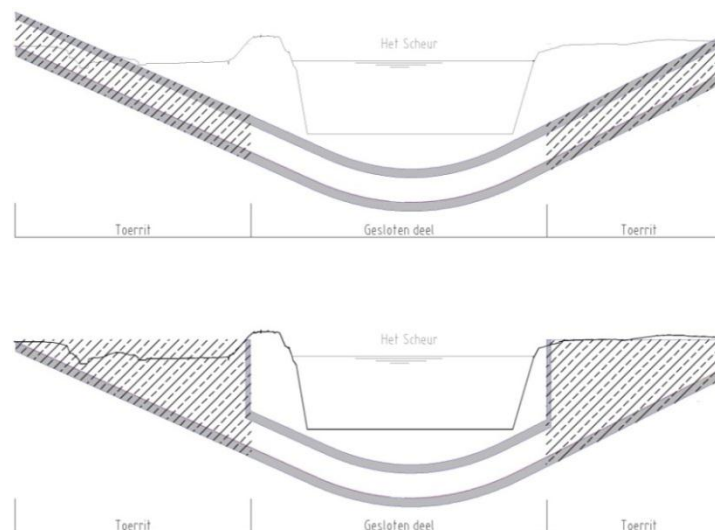
4.2. Kosten

In Tabel 5 zijn de uitkomsten te zien van de kostenberekening voor het gesloten deel en de toeritten. In de QuickScan waren de constructieve kosten voor de Blankenburgtunnel

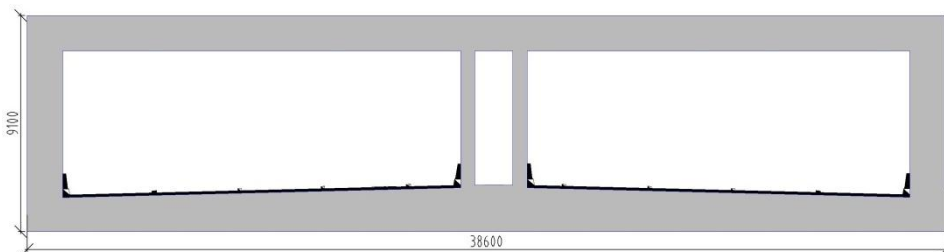
berekend op € 96,0 miljoen. Door de tunnel in elementen te berekenen is de tunnel nauwkeuriger berekend, waardoor er een hoger bedrag uitgekomen is. Zo werd er in de QuickScan vanuit gegaan dat de hoogte van de toerit overal hetzelfde is, terwijl dit een afnemende hoogte heeft (Figuur 11). De kosten voor het constructieve deel van de Blankenburgtunnel zijn € 105 miljoen. Voor de volledige berekening zie bijlage 2, hoofdstuk 5.

Onderdeel	Kosten
Gesloten deel	€ 62.712.000
Toeritten Zuid	€ 21.043.000
Toeritten Noord	€ 21.277.000
Totaal	€ 105.032.000

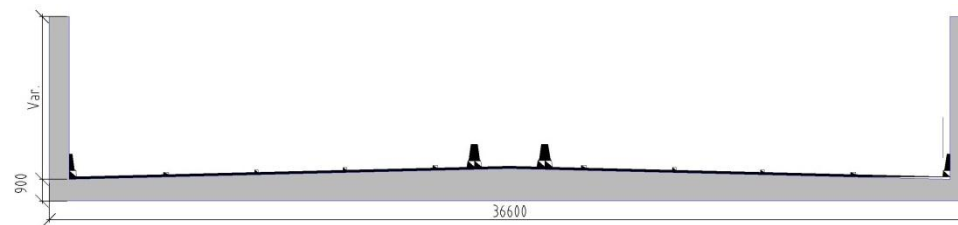
Tabel 5 Constructieve kosten Blankenburgtunnel



Figuur 11 Lengteprofiel Blankenburgtunnel



Figuur 13 Dwarsdoorsnede Blankenburgtunnel gesloten deel



Figuur 12 Dwarsdoorsnede Blankenburgtunnel, toerit

Ontwerp gecombineerde tunnel

5

5.1. Inleiding

Uit de voorgaande hoofdstukken is gebleken dat vooral de varianten met extra ruimte boven in de vluchtgang financieel voordelig bleken. Tijdens de verdiepingfase is hier kritisch naar gekeken. Hieruit is een nieuw ontwerp gekomen die in dit hoofdstuk toegelicht is. Daarnaast is er gekeken naar de indeling van kabels en leidingen in de tunnel en zijn er ontwerpen gemaakt waardoor de kabels en leidingen op de omgeving aan kunnen sluiten. Aan het eind van dit hoofdstuk wordt er naar de kosten gekeken.

5.2. Gecombineerde tunnel ontwerp

Een belangrijk aspect uit de QuickScan was, dat het kritisch kijken naar de locatie van de ILT leidt tot een beter ontwerp. Daarom is er kritisch gekeken naar de varianten. Dit resulteerde in een nieuw ontwerp. Het nieuwe tunnelontwerp bestaat uit ruimte voor kabels en leidingen aan één zijde van het bestaande ontwerp. Zie Figuur 15 en Figuur 14 voor een profiel van het gesloten deel en de toerit. Voor dit ontwerp zijn de kosten bepaald zoals gedaan is bij de QuickScan. Het nieuwe ontwerp blijkt constructief goedkoper te zijn dan het goedkoopste schetsontwerp, variant 8. De grootte van de extra ruimte is gekozen op basis van de minimale breedte van het looppad en de buis diameter van grootste leiding. De totale toegevoegde ruimte heeft een grootte van 8m². In Tabel 6 is te zien hoeveel m² extra ruimte toegevoegd is aan variant 8 en het nieuwe ontwerp. Daarnaast zijn de totale constructieve kosten verschillen te zien tussen variant 8 en het nieuwe ontwerp. Bij het nieuwe ontwerp wordt de tunnel in het algemeen minder breed en wordt de ruimte voor kabels en leidingen efficiënter gebruikt. Bij het nieuwe ontwerp is het mogelijk compartimenten te maken om bepaalde kabels en leidingen te scheiden. Dit is bij variant 8 lastiger. Daarnaast bevindt de ILT zich aan de zijkant

van de tunnel en niet in het dak. Hierdoor is er geen schacht nodig om toegang tot de ILT te verschaffen en wordt het verspreiden van de kabels en leidingen naar de omgeving makkelijker. De ILT zit aan de westkant van de tunnel en niet aan de oostkant. Dit maakt het aansluiten van de kabels en leidingen op de omgeving eenvoudiger, omdat er geen wegen gekruist hoeven te worden om aan te sluiten met de leidingenstraat. De ILT is over de gehele lengte een afgesloten ruimte.

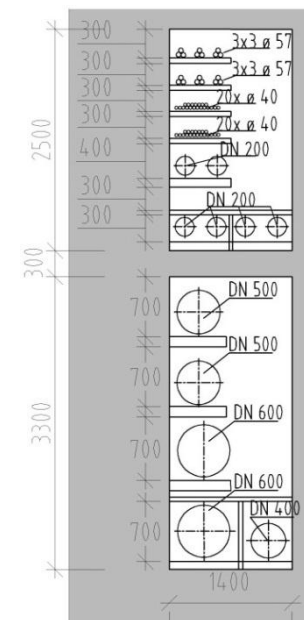
Het opdelen in compartimenten is te zien in Figuur 16. Zo ontstaan er twee verdiepingen met looppaden. Door het realiseren van de twee verhoogde looppaden is het mogelijk om daaronder kabels en/of leidingen te leggen.

5.2.1. Indeling kabels en leidingen

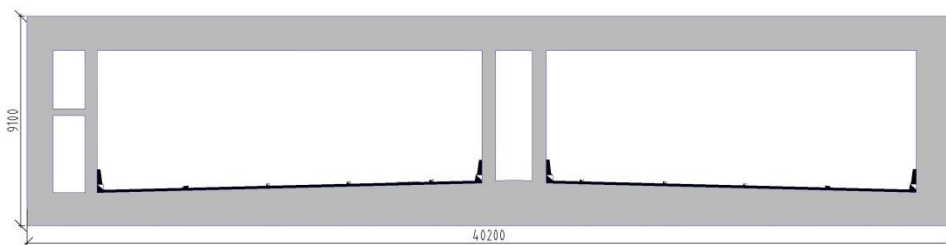
Het maken van een leidingenindeling heeft tot doel de mogelijkheid om in de toekomst nieuwe leidingen te leggen en ruimte voor inspecties te waarborgen. Bovenin de ILT komen de achttien elektra kabels, die in driehoeken gelegd worden, waardoor er zes koppels van drie kabels ontstaan. Daaronder komen twee rekken met veertig mantelbuizen voor glasvezelkabels voor Telecom. De overige ruimte van dit bovenste compartiment wordt gevuld met zes leidingen van Ø200mm. Vier van de zes leidingen liggen onder het looppad. In het compartiment daaronder komen de grotere diameters. Deze ruimte is voor twee CO₂-leidingen van Ø600mm gereserveerd. Verder is er ruimte over voor twee leidingen van Ø500mm en één van Ø400mm.

Variant	Extra ruimte (m ²)	Kosten
Variant 8	7	€ 104.421.400
Nieuw ontwerp	8	€ 103.116.200
Vershil	1	€ 1.305.200

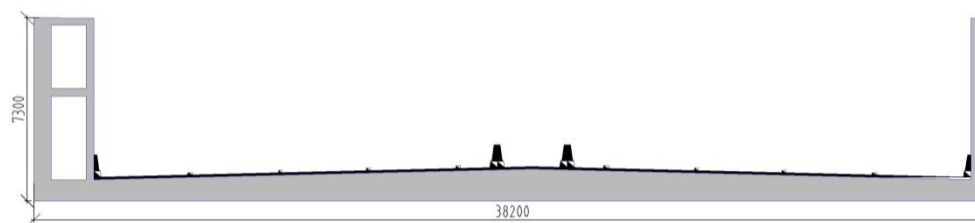
Tabel 6 Verschil tussen variant 8 en nieuw ontwerp



Figuur 16 Indeling kabels en leidingen



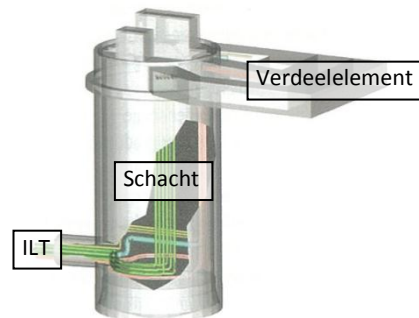
Figuur 15 Dwarsdoorsnede gesloten deel, Gecombineerde tunnel



Figuur 14 Dwarsdoorsnede toeritten, Gecombineerde tunnel

5.2.2. Verdeelement

Verdeelementen zijn van groot belang bij ILT's. Ze worden niet alleen gebruikt om toegang te verschaffen aan personeel, maar zijn ook nodig bij het leggen van leidingen, het verspreiden van leidingen in de ondergrond, het doen van inspecties en andere werkzaamheden in de ILT. Wanneer de ingang van een ILT diep onder de grond zit wordt er tussen het verdeelement en de ILT een schacht gerealiseerd. De schacht loopt uit in het verdeelement waarin de leidingen verspreiden om aansluiting op de omgeving mogelijk te maken. In Figuur 17 is dit schematisch weergegeven.



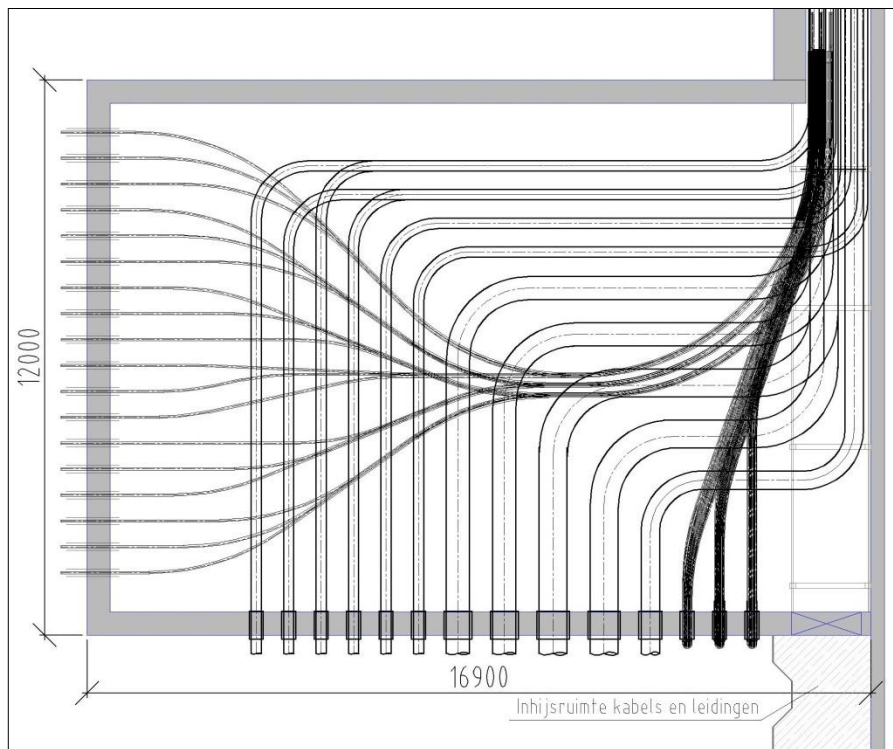
Figuur 17 Schacht+ verdeelement, Calandkanaal

5.2.3. Verdeelement zuid

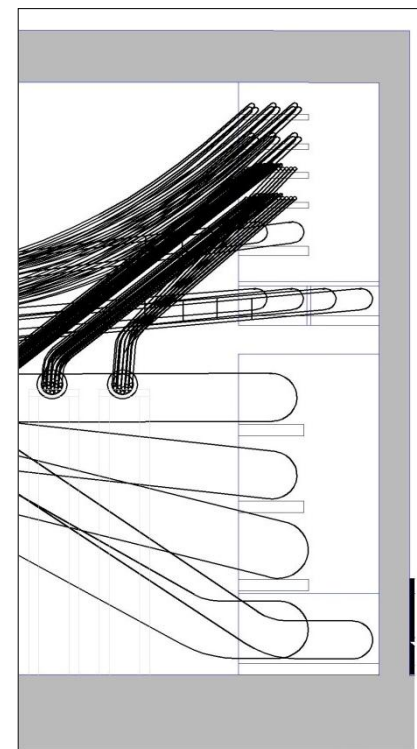
Doordat de ILT aan de zijkant van de tunnel zit kan deze met de toeritten omhoog lopen tot aan het maaiveld, zodat de kabels en leidingen gemakkelijk met de omgeving aansluiten. In Figuur 19 is het bovenaanzicht van het verdeelement te zien. Het verdeelement is een rechthoekig betonnen bak met afmeting van 12x16,9x7,3meter.

Het verdeelement is niet verdeeld in twee verdiepingen, zoals de ILT. De kabels en leidingen in de ILT moeten één meter onder het maaiveld komen liggen met een dagmaat van 40cm. Dit komt overeen met de ligging van de kabels en leidingen in de omgeving. Wanneer het verspreidingsproces gebeurt in het verdeelement, ligt een tussenvloer in de weg en wordt het verspreidingsproces ingewikkelder. Wel wordt het looppad van het bovenste compartiment door getrokken met verplaatsbare roosters. Om ervoor te zorgen dat de kabels en leidingen uit beide compartimenten snel en makkelijk de ondergrond in kunnen, komt het verdeelement half verdiept te liggen. Vanuit deze positie kunnen de kabels en leidingen makkelijk en snel verspreid worden in de ondergrond. Leidingen uit het onderste compartiment worden omhoog gebracht en de leidingen uit het bovenste compartiment omlaag. Zie Figuur 18.

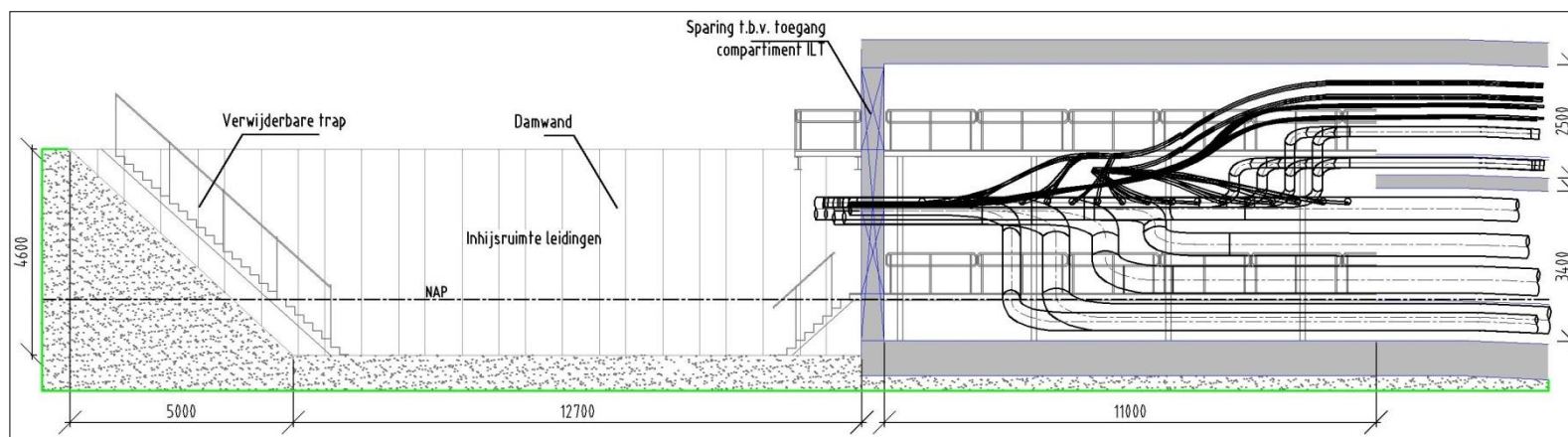
Om toegang te verschaffen en het trekken van kabels en leidingen in het onderste compartiment wordt er een talud gerealiseerd voor het verdeelement. Het talud is toegankelijk door een trap, te zien in Figuur 20. Het plaatsen van de kabels en leidingen wordt in paragraaf 3.5 uitgelegd.



Figuur 19 Bovenaanzicht verdeelelement zuid



Figuur 18 Detail spreiding kabels en leidingen



Figuur 20 Dwarsdoorsnede, Verdeelelement zuid, met talud

5.2.4. Verdeelement noord

Aan de noordzijde is het realiseren van het verdeelement complexer dan aan de zuidzijde. Aan de noordzijde zit er tussen de primaire dijk en het rivierbed een strook land met een breedte variërend tussen de 100 en 400 meter. In deze strook land komt de toerit van de Blankenburgtunnel. De tunnel vervolgt normaal gesproken zijn weg door de dijk heen. Maar de weg mag niet door de primaire dijk heen en de



Figuur 21 Schematische werking kanteldijk

kerende werking van de dijk te ondermijnen. De tunnel moet nog over de primaire dijk hoogte (NAP + 5,5m) heen, door middel van een kanteldijk. Wanneer er geen kanteldijk wordt toegepast ontstaat het gevaar bij overstroming of het lek raken van de tunnel, dat het achterland overstroomd. [1] Voor het maken van het verdeelement noord is er gekeken naar twee schetsontwerpen. In deze paragraaf wordt schetsontwerp 1 kort besproken en de keuze voor schetsontwerp 2 toegelicht. Voor een volledige uitwerking van de (schets)ontwerpen, zie bijlage 2, hoofdstuk 3.

5.2.4.1. Verdeelement schetsontwerp 1&2

Verdeelement schetsontwerp 1

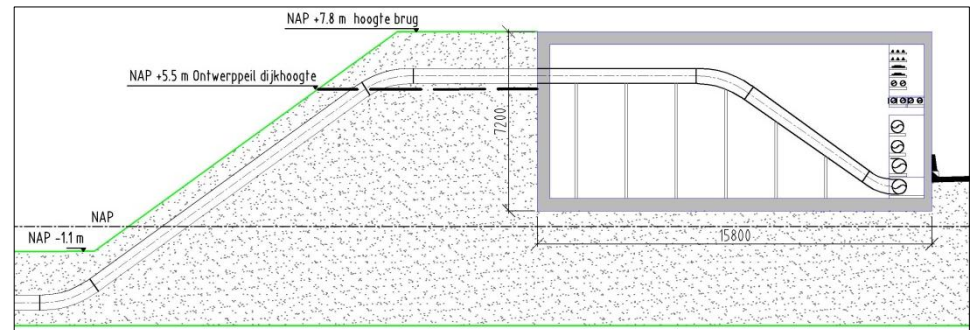
Het verdeelement van schetsontwerp 1 ligt tussen het water en de primaire dijk en 15 meter onder het maaiveld, hierdoor is er een schacht nodig om toegang te verschaffen aan de ILT en verdeelement. Zie Figuur 22. Een schacht maakt de toegang voor personeel moeilijker. Door de ligging voor de dijk en de diepte waarop het verdeelement ligt, is een makkelijke en snelle spreiding vanuit de tunnel naar het achterland gecompliceerd. Er zijn boringen nodig om onder de dijk verspreiding naar het achterland mogelijk te maken, zoals te zien in Figuur 23. Het risico dat er onstabiele ondergrond ontstaat is groot. Schetsontwerp 1 brengt veel kosten met zich mee door de diepe schacht en extra boringen die gemaakt moeten worden om verspreiding met het achterland tot stand te brengen. Aangezien de leidingen niet boven de hoogst verwachte waterstand uitkomen, worden er veel voorzorgmaatregelen getroffen voor het geval de tunnel lek raakt. Hierdoor is er voor gekozen om schetsontwerp 1 niet verder uit te werken.

Verdeelement schetsontwerp 2

Schetsontwerp 2 loopt samen met de weg omhoog tot in de dijk. Doordat de ILT met de weg meeloopt tot in de dijk komen de leidingen boven NAP + 5,5 meter uit. Hierdoor is het achterland tegen overstroming beschermd en zijn er verder geen maatregelen tegen vollopen

vereist. Doordat het verdeelement boven het maaiveld ligt is het makkelijk bereikbaar voor inspectie of onderhoud. Daarnaast is in schetsontwerp 2 de verspreiding naar het achterland minder gecompliceerd en zijn er geen boringen nodig. Het verspreiden van de kabels en leidingen geschiedt door de dijk heen. In Figuur 24 is te zien hoe een leiding vanuit het verdeelement naar het lager gelegen achterland gaat. Er is gekeken naar een logische indeling in het verdeelement en is er voor alle kabels en leidingen gekeken hoe die door de dijk heen kunnen. Hiermee is een andere afmeting tot stand gekomen van het verdeelement aan de zuidzijde heeft. Het element heeft een afmeting van 15,8x13,9x7,2 meter. Bij variant 2 is het mogelijk om de ILT te gebruiken met het landhoofd van de brug die gerealiseerd gaat worden voor de Maassluisdijk. Een schets hoe het er uit kan zien wanneer de ILT gecombineerd wordt als landhoofd van een brug is te zien in Figuur 25. In Figuur 27 is het bovenaanzicht en in Figuur 26 is de dwarsdoorsnede te zien van het definitieve ontwerp voor het verdeelement noord. Er is gekozen voor schetsontwerp 2 omdat deze het achterland beter beschermt tegen overstroming, makkelijker toegang voor personeel en verspreiding van de kabels en leidingen mogelijk maakt.

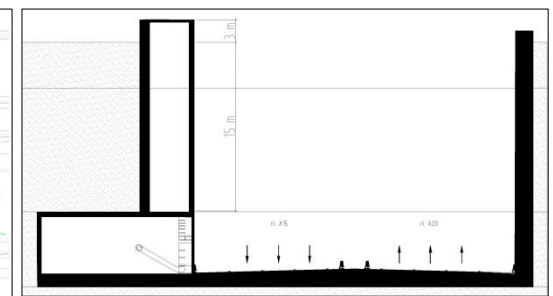
Wat niet verder uitgewerkt is, is hoe de ILT als landhoofd gaat functioneren en of dit constructief mogelijk is. Vanuit dit onderzoek is er alleen aangegeven dat er meer combinaties gemaakt kunnen worden dan alleen met kabels en leidingen.



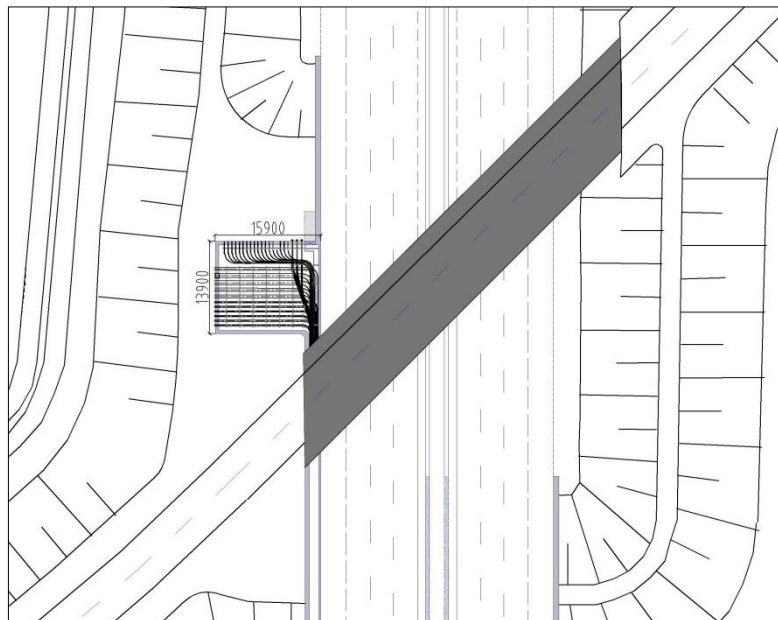
Figuur 24 Dwarsdoorsnede Verdeelement schetsontwerp 2, Kabels en leidingen over het ontwerppeil



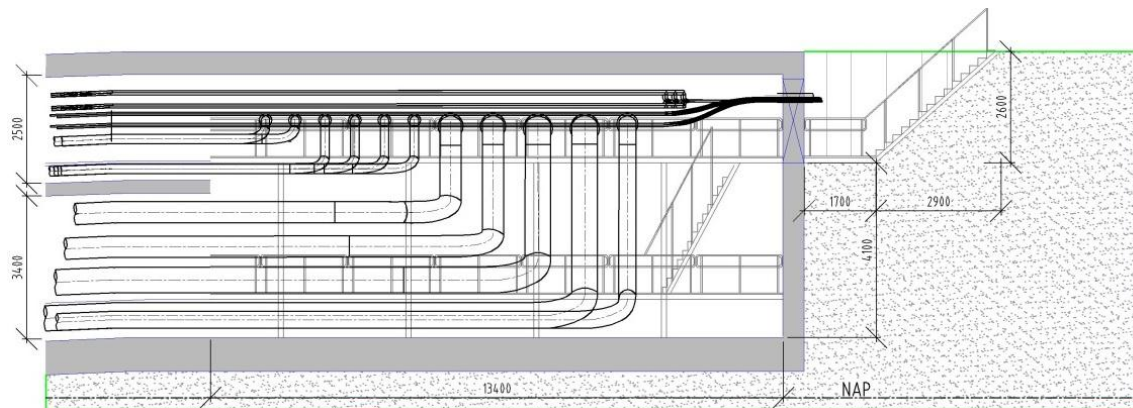
Figuur 23 Bovenaanzicht schetsontwerp 1



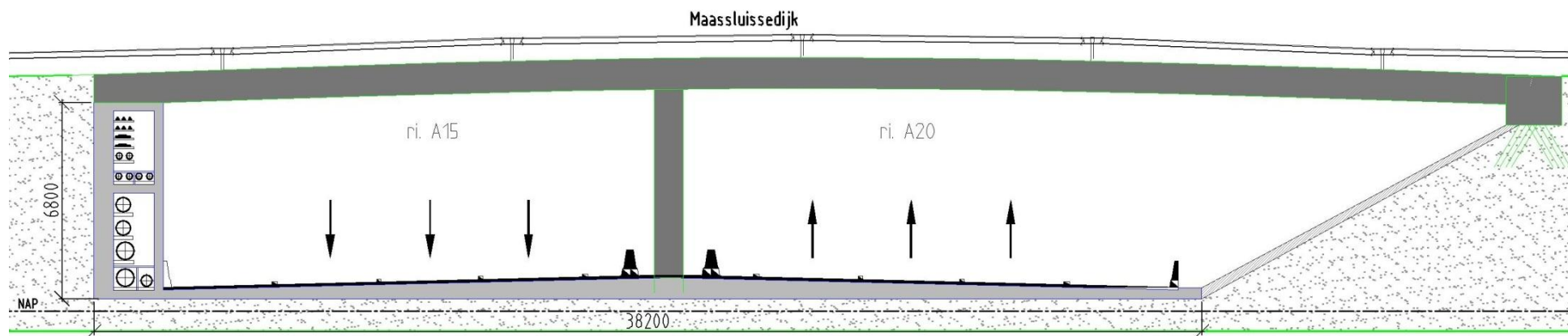
Figuur 22 Dwarsdoorsnede schetsontwerp 1



Figuur 27 Bovenaanzicht definitief verdeelelement noord



Figuur 26 Dwarsdoorsnede definitief verdeelelement noord



Figuur 25 Dwarsdoorsnede ILT als landhoofd

5.3. Kabels en leidingen in de tunnels

In deze paragraaf is er gekeken naar de ILT inrichting en er is aandacht besteed aan het intrekken van de kabels en leidingen.

5.3.1. ILT inrichting

Onder inrichting vallen technische installaties voor de ILT, leidingen in de ILT, leidingen in het verdeelelement, rekken (voor ondersteuning van de kabels en leidingen) en buisdoorvoeringen (voor de doorvoer door het verdeelelement naar de omgeving). Onder dit kopje vallen geen tunnel technische installaties ten behoeve van de verkeerstunnel. In de QuickScan zijn de kosten voor de mantelbuizen, voor de Elektra en Telecom kabels, in de tunnel niet meegenomen. Voor een betere vergelijking met en een beter totaalbeeld van de boringen zijn de kosten voor de mantelbuizen in de tunnel ditmaal wel meegenomen.

Kosten voor technische installaties zijn verkregen vanuit een referentieproject. Van dit project is bekend welke systemen in de tunnel zijn gebruikt en hoeveel dit in totaal heeft gekost. Systemen waar o.a. aan gedacht kan worden zijn tunnel-/noodverlichting, gas-, lekwaterdetectie, ventilatie en brandmeldinstallaties. Voor de gecombineerde tunnel is er berekend hoeveel de technische installatie per m¹ kost en vervolgens vermenigvuldigd met de lengte.

5.3.2. Intrekken kabels en leidingen

Het intrekken van de kabels en leidingen door de ILT gebeurt vanaf de zuidzijde. Doordat het verdeelelement aan de zuidzijde half verdiept ligt, kunnen de kabels en leidingen makkelijker, sneller en veiliger ingetrokken worden dan wanneer het element volledig onder de grond ligt. In het verdeelelement aan de noordzijde worden, tijdens het intrekken, de trekinstallaties geplaatst.

Om het intrekken van de leidingen in het onderste compartiment mogelijk te maken, is er voor het verdeelelement zuid een talud gerealiseerd. Figuur 28 is hier een illustratie van. Leidingen met een lengte van 12 meter worden hierin gehesen en kunnen buiten het verdeelelement gelast worden. Dit voorkomt schade aan de leidingen die al in het verdeelelement liggen. Mogelijkheid om langere leidingen in te trekken is aanwezig. Laswerkzaamheden worden dan binnen gedaan en door voorzorgmaatregelen worden de leidingen in het verdeelelement beschermd. In het bovenste compartiment worden de kabels vanaf een rol de ILT in getrokken. De leidingen worden over het maaiveld uitgelegd en in langere stukken ingetrokken. Voor het intrekken kunnen meerdere stukken voor het verdeelelement uitgelegd en aan elkaar gelast worden. Bochtstukken die in het verdeelelement komen ten behoeve van het verspreiden van de leidingen, worden in het verdeelelement gelast.

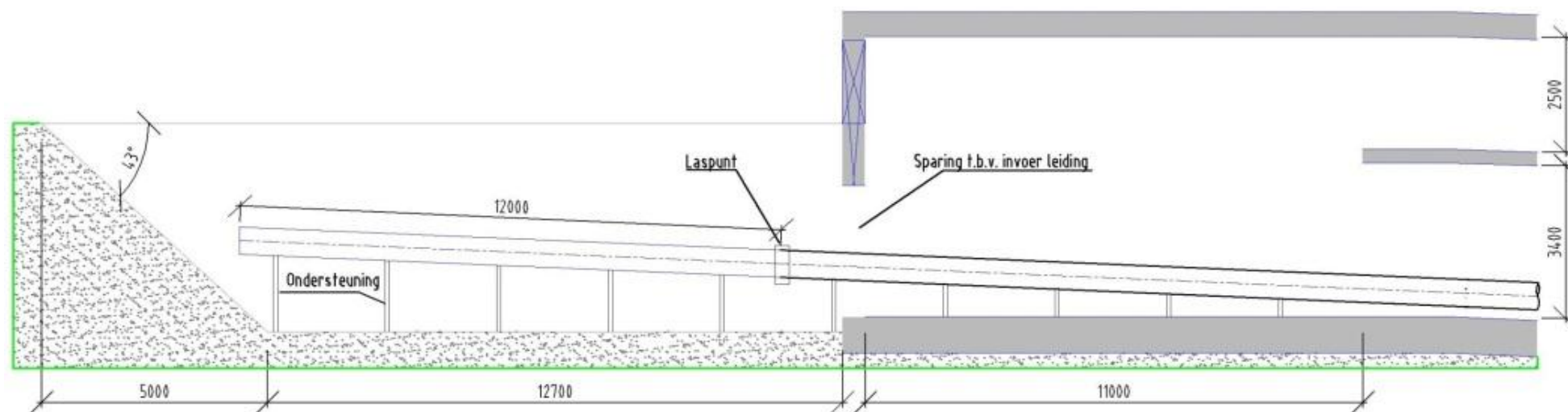
5.4. Kosten gecombineerde tunnel

In de voorgaande paragrafen zijn de ontwerpen voor het gesloten deel, de inritten de verdeelelementen en de inrichting van de ILT toegelicht. In deze paragraaf worden de kosten toegelicht. De kosten zijn met dezelfde optimalisatieslag berekend zoals beschreven staat in hoofdstuk 4. Voor de gecombineerde tunnel zijn er verdeelelementen ontworpen die niet identiek zijn aan elkaar. Daarom zijn noord en zuid apart berekend.

De constructieve kosten van de gecombineerde tunnel zijn volgens deze berekening € 120,3 miljoen. In Tabel 7 zijn de constructieve kosten weergegeven. Voor de volledige uitwerking van de berekening, zie bijlage 2.

Onderdeel	Kosten
Gesloten deel	€ 66.095.000
Toerit Zuid	€ 23.253.000
Toerit Noord	€ 21.924.000
Verdeelelement Zuid	€ 270.000
Verdeelelement Noord	€ 285.000
ILT Inrichting	€ 8.494.000
Totaal	€ 120.312.000

Tabel 7 Constructieve kosten gecombineerde tunnel



Figuur 28 Dwarsdoorsnede, principe intrekken/lassen leiding

Principe ontwerp boring

6

6.1. Inleiding

Voor de vergelijking tussen de Blankenburgtunnel en gecombineerde tunnel is er gekeken naar de kosten voor het aanbrengen van kabels en leidingen, doormiddel van een boring. In hoofdstuk 2 staat dat er globaal is gekeken naar de kosten van boringen over een bepaalde lengte. In dit hoofdstuk staat beschreven hoe dit verder uitgewerkt is. Voor de boringen is een principe ontwerp gemaakt, hiervoor zijn realistische tracés en uitleggebieden bepaald. Daarnaast zijn de bundelingen en eisen voor het kruisen van een belangrijk waterstaatswerk onderzocht. Dit hoofdstuk sluit af met de bepaling van de kosten voor de boringen.

6.2. Tracé

Het tracé van de boringen is door een aantal factoren bepaald. Zo speelt ruimte een grote rol. Er is ruimte nodig voor een in- en uittredepunt, het uitleggen van de leidingen en is er ruimte in de ondergrond nodig om alle boringen te plaatsen. Verder zijn er specifieke eisen gesteld aan het kruisen van vaarwegen en belangrijke waterstaatswerken. Deze zijn meegenomen in het principe ontwerp.

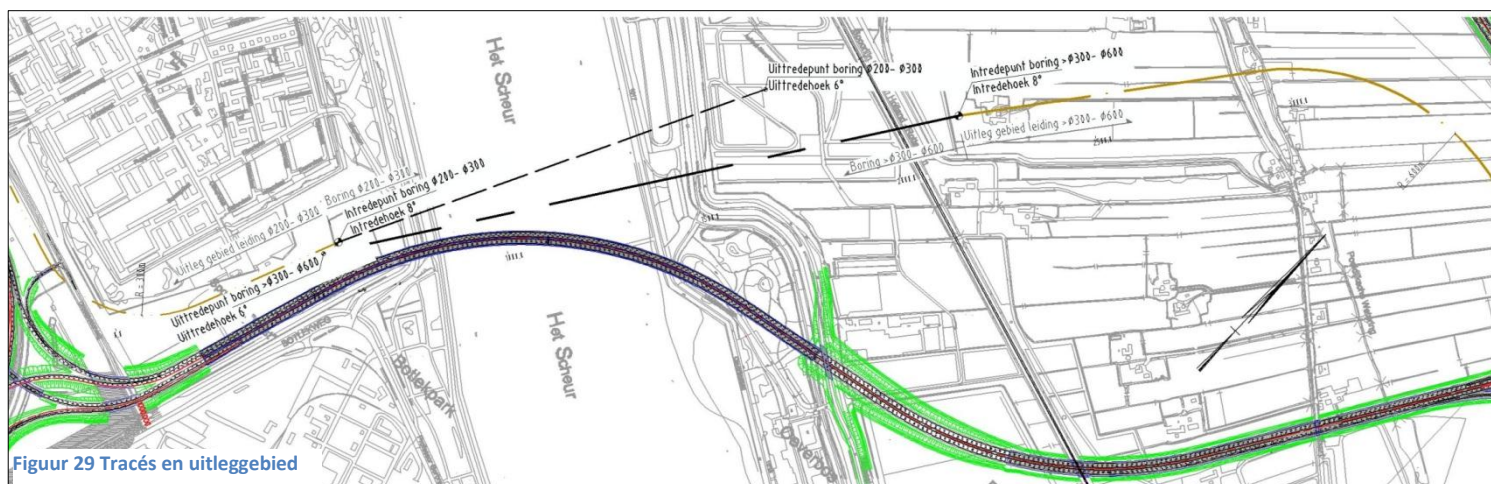
Ten eerste is er een locatie gezocht voor het in- en uittredepunt. Hiervoor is van belang dat er genoeg ruimte is om de kabel of leiding in zijn geheel uit te leggen, zodat deze in één keer getrokken kan worden. Er is voor zowel de noordzijde als de zuidzijde gekeken naar de beschikbare ruimte voor een uitleggebied. Aan de zuidzijde is, direct achter de dijk, beperkte ruimte aanwezig om een kabel of leiding uit te kunnen leggen. Dit kan alleen als de kabel of leiding in een relatief scherpe bocht gelegd wordt. Leidingen van $\varnothing 300\text{mm}$ en kleiner kunnen deze scherpe

bocht maken. Aan de noordzijde is er direct achter de dijk geen ruimte voor een uitleggebied. Dit omdat er op geringe afstand een spoorweg loopt. Hierdoor moet de boring achter de spoorlijn beginnen. Doordat de boring veel langer gemaakt is, moet er ook meer uitleggebied gereserveerd worden. Het gebied achter het spoor heeft voldoende ruimte om een leiding uit te kunnen leggen met grote bochtstralen. De spoorweg wordt op 12 meter diepte gekruist. Dit is meer dan de minimale vereiste diepte volgens de Technische Voorschriften [7].

Door de beperkte mogelijkheden om vanaf de zuidzijde alle boringen te doen en hogere kosten om vanaf de noordzijde te boren, is ervoor gekozen om vanaf zowel de noord- als zuidzijde te boren. Leidingen met een diameter van $\varnothing 300$ en kleiner worden vanaf de zuidzijde geboord en ingetrokken. Leidingen met een diameter groter dan $\varnothing 300$ worden vanaf de noordzijde geboord en ingetrokken. In Figuur 29 zijn de tracés en uitleggebieden weergegeven.

Nadat de tracés zijn vastgesteld is er gekeken naar de diepteligging van de boringen. Uit een interview met specialisten [8] is naar voren gekomen dat het gebruikelijk is om minimaal 10 meter onder de bodem van de rivier te boren. Daarnaast zijn er in de NEN 3651:2003, sectie 8.1.6.1, een aantal variabelen gegeven waarmee de diepteligging van een leiding bepaald wordt. De gebruikelijke 10 meter onder de bodem is in overeenstemming met de variabelen uit de NEN-norm en is daarom als veilige boordiepte aangehouden.

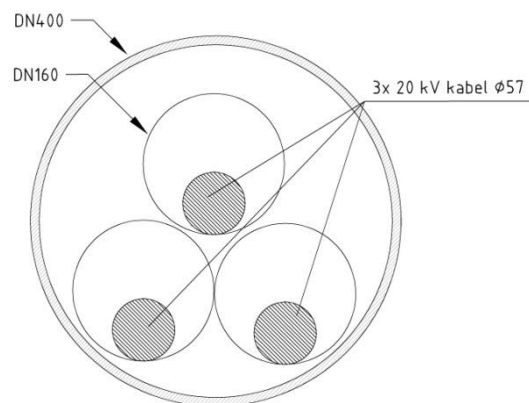
In bijlage 2 zijn de tekeningen te zien voor het gehele tracé, ligging in- en uittredepunt, diepteligging van de boringen en het uitleggebied.



Figuur 29 Tracés en uitleggebied

6.3. Boring/bundelingen

In de gecombineerde tunnel komen 69 kabels en/of leidingen te liggen. Deze kabels en leidingen zijn de basis van de boringen. Om kosten en ruimte te besparen en een realistische vergelijking te maken, zijn er bundelingen van de telecom en elektra kabels gemaakt. Bij bundelingen worden er mantelbuizen geboord waarin de medium voerende kabel komt. De mantelbuizen zijn van staal gemaakt i.p.v. HDPE. Dit omdat de kans op imploderen kleiner is. Dit is in overeenstemming met NEN 3651:2003, sectie 8.6.3.3. In de QuickScan staat dat de telecom kabels in 1 bundeling komen. Dit is geen realistische verwachting aangezien niet alle kabels in één keer nodig zullen zijn. Daarom is er voor dit ontwerp gekozen om de 40 telecom kabels in 3x DN200 te verdelen, waardoor er 3 boringen nodig zijn. De laatste 10 mantelbuizen zullen naar verwachting “wachten” totdat er 15 mantelbuizen geboord moeten worden, of er wordt een kleinere diameter geboord.

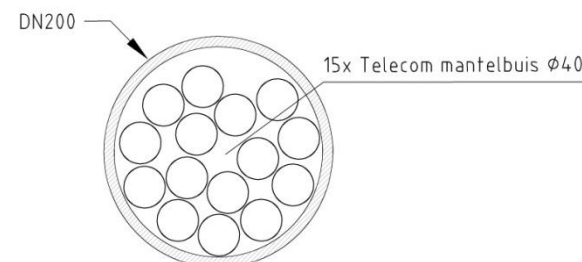


Figuur 31 Dwarsdoorsnede Bundeling Elektra

Ook de bundeling van de elektra kabels zijn veranderd. Om de beïnvloeding van de omgeving te beperken zijn net als in de ILT de kabels per 3 gebundeld. De 18 elektra kabels worden elk in een DN160 gelegd waarna deze per 3 in een DN400 zijn gebundeld, waardoor er 6 boringen nodig zijn. Zie Figuur 31 en Figuur 30 voor doorsneden van de telecom en elektra bundelingen. Daarnaast zijn er nog 6x DN200, 1x DN400, 2x DN500 en 2x DN600 boringen die de waterweg kruisen. In deze laatste gevallen zijn de geboorde leidingen de medium voerende leiding en zijn er geen extra leidingen nodig.

6.4. Kosten

Om de vergelijking met de gecombineerde tunnel compleet te maken zijn de kosten berekend voor de boringen onder Het Scheur. Met behulp van een aantal vrijgegeven kengetallen [4] zijn de kosten bepaald voor het boren van de kabels en leidingen. In totaal zijn er 20 boringen gemaakt om de hoeveelheid leidingen uit de ILT te evenaren. In Tabel 8 staan de kosten en het aantal boringen. In de kolom “Kosten extra buis” staan de kosten voor de extra mantelbuizen die nodig zijn voor de bundelingen. Bij telecom zijn dit de 40mm mantelbuizen en bij de elektra zijn dit de 18 elektrakabels en de 18 160mm mantelbuizen.



Figuur 30 Dwarsdoorsnede Bundeling Telecom

Type	Boring bundeling	Aantal boringen	Kosten boring (€)	Kosten extra buis (€)
Telecom	DN220	3	2.381.400	136.100
Elektra	DN400	6	10.876.800	628.600
	DN200	6	4.762.800	
	DN400	1	1.812.800	
	DN500	2	4.284.800	
	DN600	2	4.614.400	
Boringen Totaal (€ mln.)				29,5

Tabel 8 Kosten Boringen

Kosten vergelijking

7

7.1. Inleiding

De kosten zijn berekend voor de gecombineerde tunnel, de Blankenburgtunnel en de boringen. In dit hoofdstuk is er een vergelijking gemaakt tussen de constructieve kosten van de gecombineerde tunnel en de tunnel ontwerp met boringen. Voor de vergelijking zijn de kosten van het principe ontwerp boringen bij de kosten voor de Blankenburgtunnel opgeteld.

7.2. Kosten vergelijking

In Tabel 9 zijn de algemene kosten te zien, zoals: de Blankenburgtunnel, de boringen en de ILT kosten. "ILT, constructie" laat zie hoeveel de constructieve kosten zijn van de toegevoegde ruimte, zonder de kosten voor kabels en leidingen. "ILT, incl. leidingen" laat zien hoeveel de constructieve kosten zijn van de toegevoegde ruimte inclusief de kosten voor kabels en leidingen. Dit is gescheiden omdat de kosten voor kabels en leidingen voor de netbeheerders zijn.

Kosten (miljoen €)	
Blankenburgtunnel	105
Boringen	29,5
ILT, constructie	13,2
ILT, incl. leidingen	15,3

Tabel 9 Algemene kosten

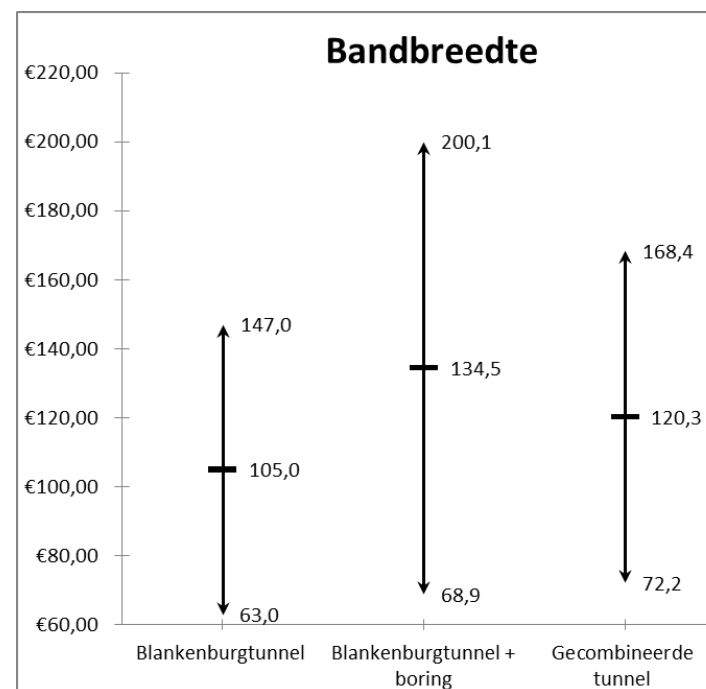
Kosten (miljoen €)	
Blankenburgtunnel incl. boringen	134,5
Gecombineerde tunnel, incl. leidingen	120,3
Vershil Totaal	14,2

Tabel 10 Kosten vergelijking

In Tabel 10 zijn de kosten te zien van de gecombineerde tunnel en de Blankenburgtunnel, inclusief 20 boringen. In deze tabel is te zien dat er een verschil van ongeveer € 14,2 miljoen tussen de gecombineerde tunnel en de Blankenburgtunnel, inclusief boringen, zit. Hier hangt wel de voorwaarde aan dat de gecombineerde tunnel gelijk vol ligt met kabels en leidingen. Daarnaast worden in de combinatie Blankenburgtunnel, inclusief boringen, alle boringen gelijk gerealiseerd.

Naast de voorwaarden die hierboven zijn gesteld zit er ook een bandbreedte op de kosten. Over de berekende kosten van de tunnel en de boringen zit dezelfde bandbreedte (40%) als in de QuickScan, aangezien het project nog in de studiefase zit. In Figuur 32 zijn de kosten van de Blankenburgtunnel zonder en met boringen tegenover de gecombineerde tunnel uitgezet. Hierin is te zien dat er weinig verschillen in de kosten zijn.

De totale kosten voor project NWO wordt geschat op € 1,2 miljard. De investering voor het constructieve deel, die berekend zijn op € 13,2 miljoen, voor de ILT valt hierin in het niet.



Figuur 32 Weergave bandbreedte totale kosten

7.3. Verdiensten

In de vorige paragrafen is gekeken naar wat de constructieve kosten zijn om de Blankenburgtunnel te combineren met kabels- en leidingeninfrastructuur. Hierbij is niet gekeken wie deze kosten moeten betalen. Zo zullen de kosten van de boringen betaald worden door de verschillende netbeheerders, terwijl de kosten van de tunnel door de opdrachtgever van de tunnel betaald worden. Dit is de reden dat er nagedacht is over wie de extra ruimte in de tunnel voor kabels en leidingen betaald. Aangezien de boringen verspreid over de jaren plaats gaan vinden, is het lastig deze partijen nu bereid te krijgen een investering te doen in een tunnel die voor hen nu niet nodig is.

Wanneer de opdrachtgever een relatief klein bedrag, t.o.v. het totale bedrag van de tunnel, investeert voor de extra ruimte, kan hij deze ruimte later gaan verhuren aan de netbeheerders. De hoogte van de huur wordt bepaald door de grootte van een bepaalde kabel of leiding. Hieraan moeten de netbeheerders voldoen, wanneer zij een kabel of leiding in de tunnel willen. Zo wordt de ILT afbetaald door de netbeheerders. Wanneer Tabel 12 gehanteerd wordt voor de huur voor een plek in de tunnel, is het voor zowel de investeerder als voor de netbeheerder financieel aantrekkelijk om in de gecombineerde tunnel te investeren. Hiermee kan de aannemer de vooraf geïnvesteerde constructiekosten van € 13,2 miljoen terugverdienen en netbeheerders kunnen besparen op de kosten voor boringen.

Type	Huur (€ per kabel/leiding)	Aantal leidingen /kabels	Totaal (€)
Telecom (40mm)	12.000	40	485.000
Elektra (57mm)	25.000	18	443.000
DN200	303.000	6	1.819.000
DN400	1.213.000	1	1.213.000
DN500	1.895.000	2	3.789.000
DN600	2.728.000	2	5.457.000
Totaal			13.200.000

Tabel 12 Vergoeding per kabel/leiding

In tabel 16 zijn de kosten voor het liggen in de gecombineerde tunnel uitgezet tegenover de kosten voor het maken van een boring. De tabel laat duidelijk zien dat het voor kleinere diameters (< Ø500mm) voordeliger is om in de tunnel te liggen.

Type	Totaal in tunnel (€)	Totaal boring (€)
Telecom (40mm)	485.000	2.517.500
Elektra (57mm)	443.000	11.105.400
DN200	1.819.000	4.762.800
DN400	1.213.000	1.812.800
DN500	3.789.000	4.284.800
DN600	5.457.000	4.614.400
Totaal	13.200.000	29.500.000

Tabel 11 Vergelijking kosten in tunnel tegen over boring

7.4. Conclusie

In de vergelijking is er een verschil van €14,2 miljoen tussen de gecombineerde tunnel en de Blankenburgtunnel, inclusief boringen, te zien. Door de bandbreedte die hoort bij deze fase, is het niet mogelijk te concluderen dat er een verschil zit tussen de constructieve kosten. Wanneer het project verder uitgewerkt wordt verminderd de bandbreedte en kan er een duidelijker verschil in kosten optreden.

Daarnaast wordt de investering in de ILT terugverdiend doormiddel van een vergoeding die gemiddeld lager is dan de kosten voor een boring. Voordeel valt er te halen voor de netbeheerders die kleine diameters (Ø40mm – Ø500mm) willen aanleggen. Netbeheerders kunnen voordelig één leiding in de ILT leggen, waar bijvoorbeeld normaal een boring gemaakt wordt met een bundeling van telecom.

Meerwaarde

8

8.1. Inleiding

Meerwaarde voor de gecombineerde tunnel valt niet alleen te behalen uit financiële voordelen. Zo zijn er ook maatschappelijke aspecten die meerwaarde kunnen opleveren. In dit hoofdstuk wordt er naar deze aspecten gekeken. Door breder te kijken dan alleen naar de kosten ontstaat er een beter beeld van de meerwaarde.

8.2. Ruimte gebruik

Eén van de grootste voordelen van boren is de “vrijheid” in keus waar er geboord gaat worden. Bij het maken van een boring hoeft geen rekening gehouden te worden met de locatie van de tunnel. Zo kan er een korter tracé ontstaan voor de leiding door een boring. Wanneer een leiding door de gecombineerde tunnel komt, kan het zijn dat deze omgelegd moet worden om in de tunnel te komen. Wel moet er rekening gehouden worden met waterschappen die om veiligheidsredenen en/of bestemmingsplannen boringen niet toelaten. In de omgeving van de Blankenburgtunnel is er niet veel ruimte om meerdere kruisingen te maken met Het Scheur. De gecombineerde tunnel biedt de mogelijkheid om vele verschillende verbindingen te realiseren.

Wanneer er een boring gemaakt wordt, wordt er een tracé-onderzoek gedaan en er wordt onderzocht of een kruising mogelijk is. Door de gecombineerde tunnel is al een kruising gegarandeerd en alleen de procedure voor het tracé naar de ILT toe is nodig. Verder is een eis dat er horizontaal gemeten minimaal 5 meter tussen de verschillende boringen moet zitten. Theoretisch zou dit betekenen dat wanneer alle 20 boringen naast elkaar komen er een ondergrondse breedte van 100 meter nodig is. Hierdoor is een groot gebied nodig waarin de waterkruisingen tot stand komen, terwijl de ILT een veel kleiner gebied in beslag neemt. Daarnaast komen alle boringen onder een belangrijk waterstaatswerk en kan er een onstabiele ondergrond ontstaan. Wanneer er één HDD gemaakt wordt, is de invloed op de omgeving nihil. Wanneer er 20 boringen gedaan worden is dit een ander verhaal.

Een HDD heeft een uitleggegebied nodig waarin de gehele lengte van de te boren leiding uitgelegd kan worden. Deze ruimte is niet altijd beschikbaar en veel partijen (landeigenaren en gemeenten) moeten tot een overeenstemming komen om ruimte voor aanleg te bieden. Leidingen die in de ILT gelegd worden, worden in stukken van ongeveer 12m getrokken, waardoor er minder ruimte nodig is voor een uitleggegebied. Hierdoor wordt de hoeveelheid

overlast in de omgeving verminderd. Mede ook omdat de ILT maar één keer aangelegd hoeft te worden om daarna alleen maar gevuld te worden.

Voor het boren van telecomkabels (kleine diameters) worden vaak meerdere kabels gebundeld tot een boring. Netbeheerders zoeken dan naar andere partijen om een bundeling te vormen en samen één boring aan te leggen. Boringen worden dan opgevuld met meerdere mantelbuizen voor bijvoorbeeld glasvezelkabels. Partijen moeten bereid gevonden worden om een bundeling te maken. In de gecombineerde tunnel kunnen telecomkabels één voor één, naar behoefte de waterweg kruisen.

8.3. Kosten

Het maken van de gecombineerde tunnel vraagt om een relatief kleine investering. Voor de investering die gemaakt is, is er een investeerder nodig. Het geïnvesteerde bedrag valt op termijn terug te verdienen door een vergoeding te vragen aan de netbeheerders, wanneer zij een kabel of leiding in de tunnel willen. Ondanks de vergoeding die netbeheerders moeten betalen is het leggen van kabels en leidingen in de ILT financieel voordeliger dan een boring. Ze hoeven geen dure boringen te maken en de realisatie procedure wordt sneller. Dit geldt vooral voor de netbeheerders van de kleine diameters (tot $\varnothing 500\text{mm}$). Dit is een gunstige constatering aangezien volgens de omgevingsscan juist deze diameters veel voor zullen komen.

Het omslagpunt in de kosten ontstaat doordat kleine boringen relatief veel geld kosten t.o.v. grote boringen. De hoge vaste kosten van het benodigde materieel (o.a. boormachine) worden verdeeld over een kleiner oppervlak. Het plaatsen in de tunnel vergt minder hoge vaste kosten en de vergoeding voor het liggen in de ILT is bepaald aan de hand van de grootte van de kabel of leidingen.

8.4. Groei

De tunnel ligt na realisatie niet gelijk vol, maar er is nog ruimte om toekomstige groei op te vangen. Echter is toekomstige groei moeilijk te voorspellen. Voorspelde groei hoeft niet altijd uit te komen, waardoor er ruimte in de ILT ongebruikt kan blijven. In dit onderzoek is een schatting gemaakt van de groei. Verder onderzoek zal de gemaakte keuze uitbreider moeten onderbouwen.



8.5. Conflict gebieden

Het hebben van kabels en leidingen direct naast de verkeerstunnel brengt risico's met zich mee. Zo moet er rekening worden gehouden met mogelijke gevolgen van explosies of het lek raken van één van de tunnelbuizen en wat de gevolgen ervan zijn op de andere tunnelbuizen. Dergelijke gevaarlijke stoffen zullen naar verwachting bij een boring op grotere afstand van belangrijke infrastructures gehouden worden. Hierdoor ontstaat er een minder groot conflictgebied bij de verkeerstunnel.

8.6. Onderhoud

Doordat de kabels en leidingen in een tunnel liggen en toegankelijk zijn, is het mogelijk om inspectie en onderhoud te plegen. Hierdoor kan de levensduur van een kabel of leiding verlengd worden. In de ILT is het ook mogelijk om versleten leidingen uit te trekken en nieuwe leidingen te plaatsen. Bij boringen is het lastiger of zelfs niet mogelijk om onderhoud te plegen. Wanneer een geboorde leiding instort of lek raakt is die leiding verloren en moet er een nieuwe boring gemaakt worden. De ingestorte leiding wordt vaak achtergelaten in de ondergrond. Hierdoor ontstaat ruimte die niet gebruikt kan worden. Waar in 8.2 vermeld wordt dat er een theoretische strook van 100m nodig is voor de boringen, zal deze strook breder worden naarmate er meer boringen opnieuw gemaakt worden.

8.7. Conclusie

Uit dit hoofdstuk kan geconcludeerd worden dat er voor de netbeheerders meerwaarde valt te halen uit de gecombineerde tunnel. Naast kosten besparing voor netbeheerders, valt er tijdswinst te behalen in het realiseren en het instant houden van verbindingen. In de omgeving is niet veel ruimte voor waterkruisingen. De gecombineerde tunnel creëert de mogelijkheid voor waterkruisingen. Daarnaast nemen de boringen veel ondergrondse ruimte in beslag die nu bespaard blijft. Wel moet er een investeerder gevonden worden, die op termijn zijn investering terug kan verdienen. Doordat er minder vaak grote stukken land gebruikt worden voor boringen, is de verwachting dat de hoeveelheid overlast in de omgeving verminderd. Dit kan de weerstand van de omgeving tegen de Blankenburgtunnel doen verminderen.



Conclusie en aanbeveling

9

Tijdens dit afstudeeronderzoek is er onderzoek gedaan naar de meerwaarde van het combineren van de Blankenburgtunnel met kabels en leidingen. Door het onderzoek in twee delen te verdelen, is er eerst grof en daarna gedetailleerder naar het combineren van functies gekeken. Door eerst grof te onderzoeken zijn er een aantal aandachtspunten naar voren gekomen die in de tweede fase uitgewerkt zijn.

In de QuickScan, is er aan de hand van referentieprojecten globaal een schatting gemaakt van de hoeveelheid ruimte die toegevoegd wordt voor kabels en leidingen. Met deze grootte zijn er acht schetsontwerpen gemaakt van de Blankenburgtunnel gecombineerd met kabels en leidingen. Hiervan zijn de veranderlijke constructieve kosten bepaald, bijvoorbeeld de kosten voor de hoeveelheid beton en wapening. Om een vergelijking te maken zijn de kosten voor de Blankenburgtunnel met boringen ook berekend. Uit de vergelijking valt te concluderen dat de kosten voor beide ontwerpen vrijwel gelijk zijn aan elkaar. Dit komt doordat er in deze studiefase rekening is gehouden met een bandbreedte op de berekende constructieve kosten. Uit de QuickScan kan geconcludeerd worden dat een combinatie haalbaar is.

Aan de hand van de bevindingen en opgedane kennis in de QuickScan is de verdiepingfase uitgewerkt. In de verdiepingfase is de keuze voor de kabels en leidingen gedaan op basis van de verwachte groei van de omgeving. Hieruit blijkt dat vooral vraag naar uitbreiding van de middennetten ontstaat. Aan de hand hiervan zijn verschillende kabels en leidingen gekozen en de hoeveelheid extra ruimte bepaald. Na nogmaals kritisch naar de schetsvarianten te kijken, is er een extra schetsvariant gemaakt. Omdat deze financieel voordeliger is dan de overige varianten, is deze uitgewerkt tot het ontwerp gecombineerde tunnel. Verder is het tracé van de boring uitgewerkt tot het principe ontwerp boring. Voor deze fase is de kostenberekening opgedeeld voor een nauwkeuriger berekening.

Van beide ontwerpen zijn de constructieve kosten berekend en vergeleken met elkaar. Op basis van deze kosten en de bandbreedte op deze kosten kan geconcludeerd worden dat er weinig verschillen zijn in de kosten. Wanneer er puur naar de kosten van de kabels en leidingen gekeken wordt, is te zien dat er meerwaarde ontstaat voor de gecombineerde tunnel. Voor netbeheerders die kleine diameters (Ø40mm – Ø500mm) willen boren is het goedkoper om in de tunnel te liggen, dan zelfstandig een boring te realiseren. Hierdoor wordt een combinatie interessanter om verder uit te werken.

Om het draagvlak voor de gecombineerde tunnel te vergroten is er gekeken naar maatschappelijk meerwaarde. Hieruit valt te concluderen dat de gecombineerde tunnel ruimte in de ondergrond bespaart en de overlast in de omgeving bij de aanleg van kabels en leidingen vermindert. Dit kan de weerstand van de omgeving tegen de Blankenburgtunnel doen verminderen. Doordat de ILT altijd toegankelijk is voor het intrekken, onderhouden of inspecteren van kabels en leidingen, kunnen verbindingen onder Het Scheur eenvoudiger gemaakt en onderhouden worden dan wanneer er geboord wordt. Verder wordt het risico van bezwijken van de primaire waterkering verminderd doordat niet iedereen apart een boring onder de waterkering hoeft te maken. In de gecombineerde tunnel is het niet nodig meerdere kabels tegelijk aan te leggen zoals bij een bundeling van een boring gebeurt. Dit verlaagt de “drempel” voor de aanleg van kabels. Zo levert een relatief kleine investering t.o.v. de totale kosten van het volledig tracé van de Blankenburgtunnel van het project NWO, meerwaarde op voor de netbeheerders, waterschappen, de nabij gelegen gemeenten en hun inwoners. De gecombineerde tunnel is zo ontworpen dat de komende decennia voorzien is in de vraag naar ruimte voor kabels en leidingen voor kruisingen van Het Scheur.

Uit dit afstudeeronderzoek kan geconcludeerd worden dat het combineren van de Blankenburgtunnel met ruimte voor de kabels en leidingeninfrastructuur haalbaar is. Wanneer er naar de kosten van de Blankenburgtunnel en de kosten van het aanbrengen van kabels en leidingen gekeken wordt, is niet op voorhand te concluderen dat het combineren van de verkeerstunnel met kabels en leidingen duurder is dan gescheiden aanbrengen.

Voor nieuw te bouwen verkeerstunnels is er meerwaarde te behalen door onderzoek te doen naar een combinatie met de kabels- en leidingeninfrastructuur. Door de maatschappelijke aspecten die meerwaarde creëren stijgt de waarde van een tunnel voor zowel de omgeving als de gebruikers van de tunnel. De kans op een combinatie tussen een verkeerstunnel en kabels- en leidingeninfrastructuur wordt groter wanneer er verwacht wordt dat er op de lange termijn veel kabels en leidingen in de omgeving komen. Wanneer de vraag naar kabels en leidingen zich voor doet, moet de gecombineerde tunnel al gebouwd zijn om te voorkomen dat de netbeheerders een eigen tracé kiezen voor hun kabels en leidingen.

Aanbevolen wordt om vanaf het begin de mogelijke omgevingsontwikkeling mee te nemen, waardoor de vraag naar kabels en leidingeninfrastructuur helder wordt en er voorzieningen aanwezig zijn voor toekomstige verbindingen. Daarnaast wordt aanbevolen de maatschappelijke aspecten die meerwaarde opleveren te kwantificeren door een Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse op te stellen.

Literatuurlijst

- [1] Projectorganisatie NWO, „Plan-MER Nieuwe Westelijke Oeververbinding, Deelrapport B Variantennota,” Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2013.
- [2] Wikipedia, [Online]. Available: http://nl.wikipedia.org/wiki/Horizontaal_gestuurd_boren. [Geopend 4 april 2013].
- [3] [Online]. Available: <http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/images/Waterschap%20Rivierenland/i188210.pdf>.
- [4] H. Kuijpers, Interviewee, *Tebodin*. [Interview]. 13 maart 2013.
- [5] R. Kaptein en P. Ketel, Interviewees, *Port of Rotterdam*. [Interview]. 12 maart 2013.
- [6] Projectorganisatie Rotterdam Vooruit, „Masterplan Rotterdam Vooruit,” Rotterdam Vooruit, Rotterdam, 2009.
- [7] Railinfrabeheer, „Artikel 37,” in *Technische Voorschriften bij vergunningen voor kabels en leidingen langs, onder en boven spoorwegen.*, Utrecht, Railinfrabeheer, 2002, pp. 18-19.
- [8] D. i. 'l. Groen en E. Klem, Interviewees, *Boring specialisten*. [Interview]. 6 Meei 2013.



Illustratieverantwoording

Omslag <http://j-c-photography.zoom.nl/>

Hoofdstuk 1

Figuur 1. <http://www.portofrotterdam.com/nl/Over-de-haven/havenkaarten/Pages/geografische-kaart.aspx>

Figuur 2. Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Hoofdstuk 2

Figuur 3. Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Tabel 1. Eigen werk

Figuur 4. Eigen werk

Tabel 2. Eigen werk

Figuur 5. Eigen werk, Onderzet: Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Figuur 6. Eigen werk

Figuur 7. Eigen werk

Figuur 8. Eigen werk

Figuur 9. Eigen werk

Tabel 3. Eigen werk

Hoofdstuk 3

Figuur 10. Masterplan Rotterdam Vooruit

Tabel 4. Eigen werk

Hoofdstuk 4

Tabel 5. Eigen werk

Figuur 11. Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Figuur 12. Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Figuur 13. Eigen werk, Onderzet: Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Hoofdstuk 5

Figuur 14. Eigen werk, Aangepast: Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Figuur 15. Eigen werk, Aangepast: Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Figuur 16. Eigen werk

Tabel 6. Eigen werk

Figuur 17. O-16, Optimalisering ontwerp, realisatie en beheer integrale leidingentunnels

Figuur 18. Eigen werk

Figuur 19. Eigen werk

Figuur 20. Eigen werk

Figuur 21. Plan-MER NWO, Deelrapport B Varianten Nota

Figuur 22. Eigen werk

Figuur 23. Eigen werk, Onderzet: Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Figuur 24. Eigen werk

Figuur 25. Eigen werk

Figuur 26. Eigen werk

Figuur 27. Eigen werk, Onderzet: Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Tabel 7. Eigen werk

Figuur 28. Eigen werk

Hoofdstuk 6

Figuur 29. Eigen werk, Onderzet: Concept ontwerp Blankenburgtunnel, Project NWO

Figuur 30. Eigen werk

Figuur 31. Eigen werk

Tabel 8. Eigen werk

Hoofdstuk 7

Tabel 9. Eigen werk

Tabel 10. Eigen werk

Figuur 32. Eigen werk

Tabel 11. Eigen werk

Tabel 12. Eigen werk

Bijlagen

- **Bijlage 1. QuickScan**
- **Bijlage 2. Verdiepingsverslag**
- **Bijlage 3. Afstudeerplan**

