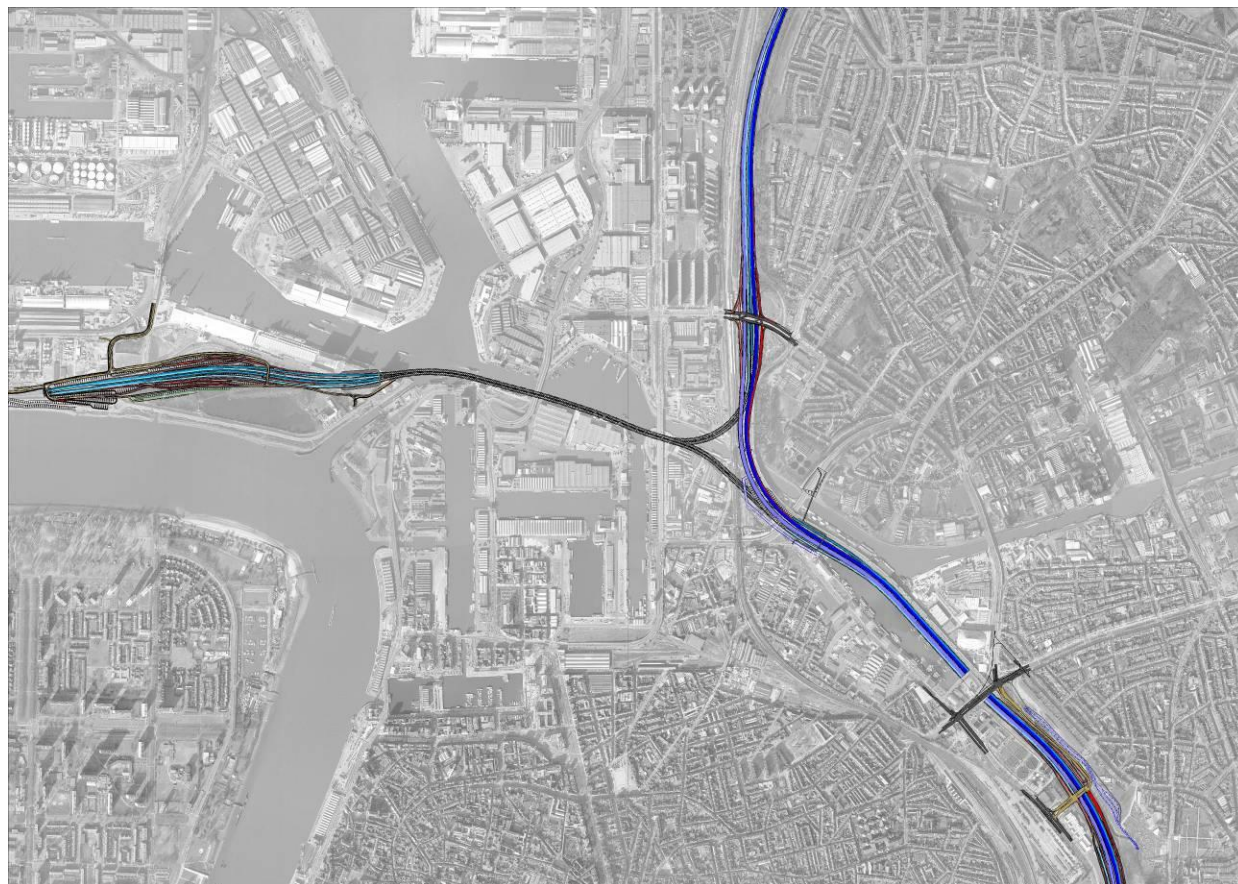


Onderzoek vertunneling R1

Resultaten quick-scan

Verificatie			
Auteur	Verificatie	Autorisatie RoTS	Autorisatie BAM
A. Snel	B. Adriaens	H. Baeten	G. Osselaer
F. Kaalberg	H. Baeten		
B. Adriaens			

Identificatie Document	
THV RoTS	BAM
OWR-TF-RAP-1-AL-0001-01.01-ECO 08-09-2014	

Distributielijst

Aantal	Functie	Contactpersoon
1	<i>Projectmanager</i>	<i>H. Baeten</i>
1	<i>Contractmanager</i>	<i>J. Geerling</i>
1	<i>Coördinator Kwaliteit</i>	<i>H. Peeters</i>
1	<i>Documentbeheer</i>	<i>G. Menzo</i>

Derden

Aantal	Bedrijf/functie	Contactpersoon
3	<i>BAM - Projectmanager</i>	<i>G. Osselaer</i>

Revisiebeheer

Versie	Datum	Belangrijkste wijzigingen
01.01-ICO	04-07-2014	interne controle
01.01-ECO	08-09-2014	1 ^e concept

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Doel van dit document	1
1.2	Leeswijzer	1
1.3	Referenties	2
2	Aanleiding, kadering en mogelijke oplossingen onderzoeksvraag vertunneling R1	3
3	Tunnelveiligheid	5
3.1	Toetskader tunnelveiligheid	5
3.2	Integrale quick-scan tunnelveiligheid.....	5
3.3	Verkeersontwerp i.f.v. 10-secondenregel.....	5
3.3.1	DODO-oplossing	7
3.3.2	Verlenging tunnel onder het Albertkanaal (OKA) tot aan Lobroekdok.....	7
3.4	Tunnelveiligheidsbeschouwing	10
3.4.1	Veiligheidsniveau.....	10
3.5	Evacuatieveiligheid.....	13
3.6	Ventilatieconcept	14
3.7	Afstemming Brandweer Antwerpen veiligheidsvoorzieningen.....	17
4	Constructieve aspecten vertunneling R1	19
4.1	Explosie impact analyse.....	19
4.2	Vluchtgang zuidelijke slibwand van de vertunnelde R1	20
4.3	Vertunneling verdiepte ligging R1 – stabiliteit dakplaat.	22
5	Impact en gevolgen	24
5.1	Omvang en scope van de vertunneling.....	24
5.1.1	Tussen OKA en Groenendaallaan	24
5.1.2	Tussen E313 en OKA.....	25
5.2	Fysieke inpassing van de vertunnelde R1 in de omgeving	25
5.2.1	Dwarsprofiel	25
5.2.2	Lengteprofiel	27
5.2.3	gRUP grens	30
5.2.4	Ruimtelijke inpassing.....	30
5.3	Impact op de omgeving.....	32
5.4	Impact op de fasering der werken	34
5.4.1	Voorziene fasering CO	34

5.4.2	Fasering rekening houdende met vertunneling R1	35
5.5	Impact op de uitvoeringstermijn	39
6	Inschatting kostprijs	41
7	Samenvattende conclusies quick-scan	42
7.1	Verkeersveiligheid	42
7.2	Tunnelveiligheid	42
BIJLAGE I	Principeplannen	44

1 Inleiding

1.1 Doel van dit document

In het kader van de voorliggende plannen voor de Oosterweelverbinding Rechteroever, waarin voorzien is in een kruising van het Albertkanaal met een tunnel en een open verdiepte R1 met een afgedekt deel ter hoogte van de Schijnpoortweg, is gevraagd te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn voor een (toekomstige) vertunneling van de R1 tussen de E34/E313 en de Groenendaallaan.

Indien wordt overgegaan naar een vertunnelde oplossing voor de R1 dient er rekening gehouden te worden met de vigerende wet- en regelgeving voor tunnels, alsook met randvoorwaarden vanuit tunnelveiligheid en constructieve aspecten.

Dit onderzoek heeft tot doel een beeld te krijgen van de mogelijkheden tot een eventuele toekomstige vertunneling en alle hier mee samenhangende consequenties voor de R1 en het project Oosterweelverbinding Rechteroever. Het betreft hier evenwel een quick-scan en geen ontwerp. Dit onderzoek heeft enkel tot doel om eventuele showstoppers en de belangrijkste consequenties in beeld te brengen. Het betreft hier dus geen volledig uitgewerkt (voor)ontwerp maar een zoveel als mogelijk onderbouwde opgave van mogelijke principes en bijhorende gevolgen. Dit vanuit het gekende wettelijke kader, eerste onderzoeken (quick-scan) en inzichten van specialisten (zowel interne van THV RoTS, als externe voor specifieke materie).

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 van dit rapport verduidelijkt de achtergrond en uitwerkingsniveau van dit rapport, waarbij hoofdstuk 2 een beschrijving geeft van de aanleiding, kadering en mogelijke oplossingen van de onderzoeksvraag vertunneling R1.

In hoofdstuk 3 worden alle aspecten van tunnelveiligheid beschreven bestaande uit een toetsingskader, integrale quick-scan tunnelveiligheid, verkeersontwerp i.f.v. de 10-secondenregel, een tunnelveiligheidsbeschouwing, evacuatieveiligheid, een eerste ventilatieconcept en de resultaten van de afstemming met de brandweer van Antwerpen.

De belangrijkste constructieve aspecten horende bij een (toekomstige) vertunneling van de R1 worden beschreven in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 worden impact en gevolgen beschreven van een (toekomstige) vertunneling van de R1. Hierbij worden de omvang en mogelijk scope beschreven, de fysieke inpassing in de omgeving, alsook de impact op de omgeving, de fasering der werken en de uitvoeringstermijn.

Hoofdstuk 6 geeft een inschatting van de kostprijs en hoofdstuk 7 bestaat uit de samenvattende conclusies van deze quick-scan.

1.3 Referenties

Ref.nr	Doc.code	Doc.titel	Revisie & Status	Datum
Ref. 1	OWR-CO-RAP-1.3-AL-0001-05-DEF	3.5 Ontwerpnota Zone R1	05-DEF	30-04-2013
Ref. 2		Synthesenota overkappingsonderzoek Antwerpse Ring AGB Stadsplanning Antwerpen		13-07-2012
Ref. 3		Richtlijn 2004/54/EG inzake minimumveiligheidseisen voor tunnels in het trans- Europese wegennet (Publicatieblad Europese Unie L 167 d.d. 30 april 2004) 29-04-2004		29-04-2004
Ref. 4	MOW/AWV/2008/24	Verkeerstunnels op het grondgebied van het Vlaams Gewest, Dienstorder MOW/AWV/2008/24, Agentschap Wegen en Verkeer		17-10-08
Ref. 5	141234/CE8/034/003002	Wegontwerp in tunnels, Convergentie- en divergentiepunten in en nabij tunnels, RWS- Bouwdienst, Steunpunt Tunnelveiligheid, (Arcadis) versie 1.1 def	vrs 1.1 def	31-07-08
Ref. 6		Koninklijk besluit betreffende de minimale technische veiligheidsnormen voor tunnels in het trans- Europese wegennet (Belgisch Staatsblad d.d. 9 november 2007)		6-11-2007

Tabel 1. Referenties

2 Aanleiding, kadering en mogelijke oplossingen onderzoeksvraag vertunneling R1

De realisatie van de verdiepte R1 in het kader van de Oosterweelverbinding Rechteroever mag een - eventuele toekomstige (volledige) - vertunneling niet onmogelijk maken.

In een eerdere studie van het 'AG Stadsplanning' is de vertunneling van de Antwerpse Ring reeds onderzocht. In deze 'Synthesenota Overkappingsonderzoek Antwerpse Ring' is geconcludeerd dat vanuit de Europese tunnelrichtlijn 2004/54/EG inzake minimumveiligheidseisen voor tunnels in het trans-Europese wegennet belangrijke beperkingen gelden en vertunneling slechts deels mogelijk is. De aangeduide beperkingen waren aanmerkelijk en betroffen:

- De verlaging van de snelheid.
- Reductie van het aantal aansluitingscomplexen.
- De reductie van de capaciteit van het verkeer.
- Een beperking/verbod van vrachtverkeer en transport gevaarlijke stoffen.

De voorliggende quick-scan kan dus gezien worden als een verdere verdieping ten aanzien van de aandachtspunten genoemd in de synthesenota, rekening houdende met de vigerende wetgeving en veiligheidsaspecten.

In eerste instantie wordt er onderzocht wat mogelijk is binnen het huidige wettelijke kader, momenteel van toepassing in België. Daarnaast worden de mogelijkheid tot vertunneling ook onderzocht, rekening houdend met de huidige regelgeving in Nederland, waar een ruimere - doch niet minder veilige - interpretatie van de Europese tunnelrichtlijn en meer bepaald de 10-secondenregel geldt.

Deze 10-secondenregel, opgenomen in de EU-richtlijn 2004/54/EG (artikel 2.1.3) stelt:

'Afgezien van de vluchtstrook blijft de weg binnen en buiten de tunnel hetzelfde aantal rijstroken tellen. Als het aantal rijstroken verandert, gebeurt dat op voldoende afstand vóór het tunnelportaal. Deze afstand is ten minste gelijk aan de afstand die een voertuig bij de toegestane maximumsnelheid in 10 seconden aflegt. Indien dit wegens geografische omstandigheden niet mogelijk is, worden aanvullende en/of strengere maatregelen getroffen om de veiligheid te borgen.'

De gevolgen en mogelijke oplossingen omwille van deze 10-secondenregel worden beschreven in hoofdstuk 3.3 van dit rapport.

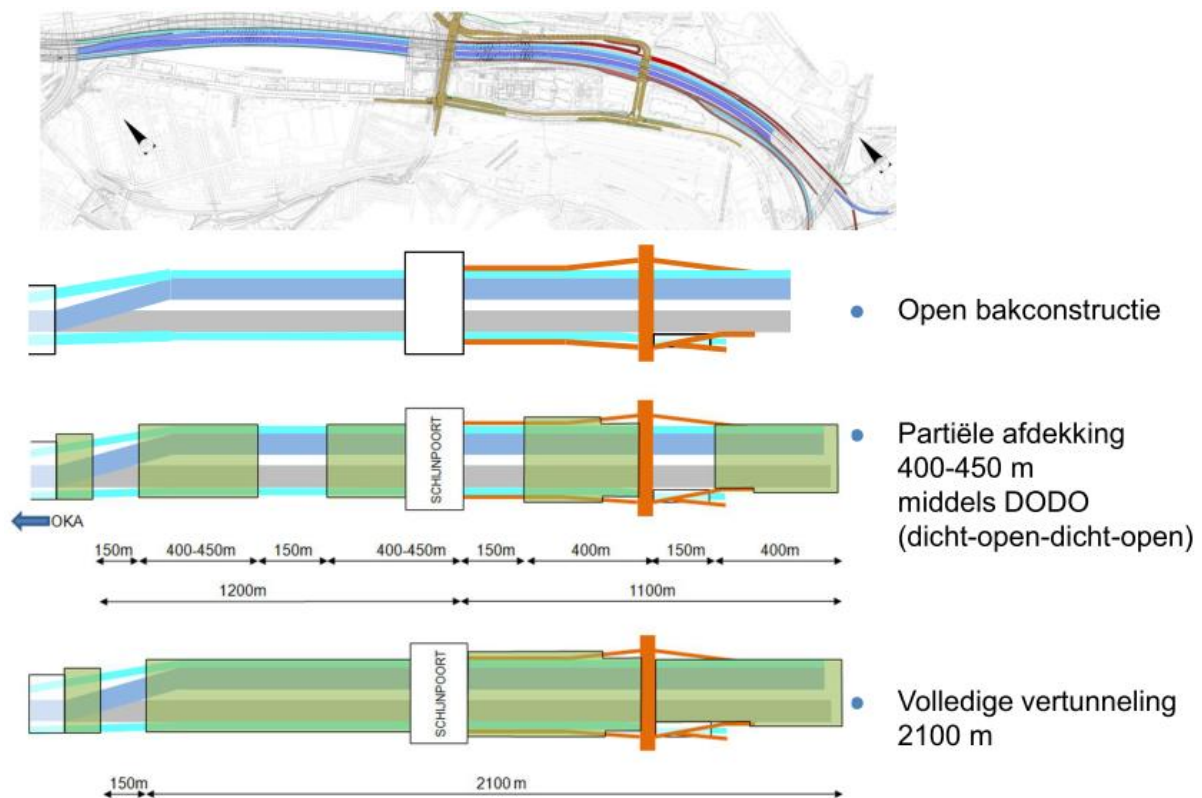
Aangezien volgens de huidige Belgische wetgeving voor tunnels gelegen op het Trans European Road Network, langer dan 500 m, de strikte 10-secondenregel van toepassing is, zal er rekening houdend met de op- en afritten en aansluitingscomplexen op het beschouwde tracédeel van de R1, op korte termijn enkel een gedeeltelijke vertunneling van de R1 haalbaar zijn. Concreet kan voorzien worden in een verdiepte R1 met een combinatie van langere afdekkingen en kortere (allen minder dan 500 m – omdat in dat geval de Europese tunnelrichtlijn niet van toepassing is).

Toch worden voor de volledigheid en om consequenties van keuzes en eventuele aangepaste wetgeving goed in kaart te brengen in dit rapport volgende oplossingen voor de R1 beschouwd:

- Open verdiepte R1 (referentie) waarbij een toekomstige vertunneling niet-gehypothekeerd wordt.
- Partiële afdekking van de R1 met, waar noodzakelijk, gesloten delen van minder dan 500 m middels een DODO (dicht-open-dicht-open).
- Realisatie van een volledige tunnel over de volledige lengte van de R1 (waarbij het langste gesloten deel ten zuiden van het Albertkanaal ca. 2.100 m bedraagt).

Deze oplossingen kunnen ook beschouwd worden als een gefaseerde uitvoering van een vertunneling van de R1. Dit wil zeggen dat een open, niet-gehypothekeerde R1 later omgebouwd kan worden tot DODO of volledige vertunneling (dit laatste geval zal enkel mogelijk zijn mits aanpassing van de huidige Belgische wetgeving ten aanzien van de 10-secondenregel).

Voor de omgeving van de R1 ten zuiden van de kruising met het Albertkanaal geeft dit onderstaand principieel beeld van de beschouwde oplossingen.



Figuur 1. Principe beschouwde oplossingen R1 ten zuiden van de kruising met het Albertkanaal

3 Tunnelveiligheid

3.1 Toetskader tunnelveiligheid

Tunnels gelegen op de Antwerpse Ring R1 zullen, daar zij onderdeel vormen van het Trans-Europese Netwerk (TEN), dienen te voldoen aan de Europese tunnelrichtlijn. Deze richtlijn geldt voor tunnels met een lengte vanaf 500 m. Deze Europese tunnelrichtlijn is omgezet in Vlaamse wetgeving, maar nadere specifieke richtlijnen ontbreken. Op basis hiervan heeft het Vlaams Agentschap voor Wegen en Verkeer gekozen, voorlopig, de Nederlandse tunnelregelgeving te hanteren¹. Deze Nederlandse richtlijnen stellen voorwaarden aan het vereiste veiligheidsniveau (het zogenaamde groepsrisico²) voor tunnels vanaf 250 m alsmede aan de op te nemen veiligheidsvoorzieningen.

Vanuit de Europese tunnelrichtlijn worden o.a. eisen gesteld aan het wegontwerp van de tunnel, waarbij wordt aangegeven dat, afgezien van de vluchtstroken, het aantal rijstroken binnen en buiten de tunnel gelijk dient te blijven. Gecontroleerd zal dienen te worden of bij toekomstige vertunneling van de R1 met het wegontwerp voldaan kan worden aan deze Europese tunnelrichtlijn.

3.2 Integrale quick-scan tunnelveiligheid

Voor deze quick-scan 'onderzoek vertunneling R1' is onderzocht of voldaan kan worden aan bovenstaand wettelijk kader. Daarnaast heeft afstemming plaatsgevonden met de brandweer van Antwerpen over de noodzakelijke maatregelen en voorzieningen. De volgende aspecten zijn hierbij op basis van een quick-scan en expert judgment onderzocht, waarbij is samengewerkt met tunnelventilatie-specialisten HBI uit Zwitserland en, ten aanzien van explosieveiligheid, met het onderzoeksinstituut TNO uit Nederland:

- Verkeersontwerp i.f.v. de '10-secondenregel'.
- Tunnelveiligheid:
 - Veiligheidsniveau ofwel toetsing groepsrisiconiveau middels kwantitatieve risicoanalyse.
 - Evacuatieveiligheid.
 - Ventilatieconcepten.
 - Explosieveiligheid.

3.3 Verkeersontwerp i.f.v. 10-secondenregel

Zoals vermeld, worden er vanuit de Europese tunnelrichtlijn eisen gesteld aan het wegontwerp van de tunnel, waarbij wordt aangegeven dat, afgezien van de vluchtstroken, het aantal rijstroken binnen en buiten de tunnel gelijk dient te blijven.

¹ In de dienstorder 'Tunnels op het grondgebied van het Vlaams Gewest', MOW/AWV/2008/24 van het AWV Agentschap voor Wegen en Verkeer is de keuze vastgelegd om de Nederlandse Richtlijnen in verband met verkeerstunnels te hanteren.

² Het groepsrisico is als volgt vastgelegd: *De kans op slachtoffers in de tunnel is blijkens een risicoanalyse niet groter dan 0,1/N² per kilometer tunnelbuis per jaar. Waarbij «N» het aantal dodelijke slachtoffers onder de weggebruikers per incident is en waarbij dat aantal 10 of meer bedraagt.*

De EU-richtlijn 2004/54/EG (artikel 2.1.3) stelt:

'Afgezien van de vluchtstrook blijft de weg binnen en buiten de tunnel hetzelfde aantal rijstroken tellen. Als het aantal rijstroken verandert, gebeurt dat op voldoende afstand vóór het tunnelportaal. Deze afstand is ten minste gelijk aan de afstand die een voertuig bij de toegestane maximumsnelheid in 10 seconden aflegt. Indien dit wegens geografische omstandigheden niet mogelijk is, worden aanvullende en/of strengere maatregelen getroffen om de veiligheid te borgen.'

Noot: Is letterlijk omgezet in Koninklijk Besluit betreffende de minimale technische veiligheidsnormen voor tunnels in het trans-Europese wegennet (Belgisch Staatsblad d.d. 9 november 2007), art 4.

Dus als het aantal rijstroken verandert, dient dit uit oogpunt van verkeersveiligheid op voldoende afstand van de tunnelmond plaats te vinden. Deze minimale afstand is vastgelegd als de afstand die een voertuig bij de toegestane maximumsnelheid in 10-seconden aflegt. In het geval van de R1 bedraagt de ontwerpssnelheid 90 km/h, dus is de minimale afstand 250 m. Opgemerkt wordt dat op basis van de Belgische wetgeving een strikte lezing wordt gehanteerd, die uitgaat van een gelijk aantal rijstroken voor, in en ná de tunnel.

De EU-richtlijn (zoals vermeld letterlijk omgezet in het Koninklijk Besluit) stelt daarnaast in artikel 2.1.3. dat indien vanuit geografische omstandigheden het niet mogelijk is om te voldoen aan de 10-secondenregel hiervan afgeweken mag worden, mits voldoende maatregelen worden getroffen om de veiligheid te borgen.

In Nederland en ook internationaal hanteert men voor (stedelijke) tunnels een interpretatie van de EU-richtlijn en meer bepaald ook van de 10-secondenregel. Dit betekent dat in tunnels op- en afritten worden toegestaan en de 10-secondenregel alleen wordt aangehouden vóór (bovenstrooms van) de tunnelmond danwel vóór eventuele optredende op- en afritten in de tunnel..

De 10-secondenregel is dus als volgt vastgelegd:

- In België in **Wetgeving** middels KB met strikte formulering:
 - Gelijkblijvend aantal rijstroken vóór, in en na de tunnel.
- In Nederland alleen in **onderliggende richtlijnen** met de volgende **interpretatie**:
 - 10-secondenregel alleen voor de tunnel.
 - Op- en afritten zijn acceptabel.
 Deze richtlijnen zijn een interpretatie van de Europese Tunnelrichtlijn, doch deze zijn niet minder veilig aangezien er tegelijkertijd ook bijkomende veiligheidseisen opgelegd worden. Vanuit Rijkswaterstaat (Nederland) hanteert men de volgende vuistregels (ir. E.W. Worm, veiligheidsbeambte (2010) wegtunnels Rijkswaterstaat):

1. *Probeer het toepassen van opritten en afritten in een tunnel te voorkomen.*
2. *Verandering van het aantal rijstroken vóór de tunnel dient op voldoende afstand (10 seconden) voor het tunnelportaal te gebeuren. Het gaat hierbij ook om samenvoelingen en opritten.*
3. *Een oprit in een tunnel is toegestaan, mits:*
 - a. *de oprit zich op voldoende afstand (10 seconden) van het ingangsportaal bevindt.*
 - b. *de capaciteit op ieder punt niet lager is dan de totale aanvoer, zonder rekening te houden met de capaciteit van een eventuele afrit.*

- c. *na een samenvoeging verderop geen vermindering van het aantal rijstroken volgt.*
4. *Een afrit in een tunnel is toegestaan, mits filevorming door terugslag wordt voorkomen en het aantal doorgaande rijstroken niet wordt verminderd.*
 5. *Een extra rijstrook aan de linkerkant van de rijbaan bij een opgaande helling, kort na het gesloten deel van de tunnel, is WEL toegestaan.*
 6. *Een afrit benedenstrooms van de tunnel dient op voldoende afstand geplaatst te worden zodat verplichte weefbewegingen in de tunnel zoveel mogelijk worden voorkomen.*
 7. *Benedenstrooms van de tunnel dient voorkomen te worden dat fileterugslag tot in de tunnel plaatsvindt.*

Voor de in deze quick-scan onderzochte vertunnelingen kunnen rekening houdend met voorgaande, volgende zaken geconcludeerd worden betreffende de compatibiliteit met de 10-secondenregel.

3.3.1 DODO-oplossing

De 10-secondenregel is vanuit de Europese regelgeving (en Belgische wetgeving) alleen van toepassing voor tunnels met een lengte vanaf 500 m. Dit betekent dat de open verdiepte R1 kan worden vertunneld mits de lengte van de gesloten delen de 500 m niet overschrijdt. Hierdoor zou de verdiepte R1 voorzien kunnen worden van partiële afdekkingen middels een DODO (dicht-open-dicht-open), waarbij de maximale lengte van de dichte delen 499 m bedraagt. Een DODO-oplossing is zodoende bij gelijkblijvende wegconfiguratie voor de R1 haalbaar, daar geen rekening hoeft te worden gehouden met de 10-secondenregel.

Vanuit tunnelveiligheid zullen voor de dichte delen de wettelijk voorgeschreven maatregelen en voorzieningen (als blusvoorzieningen, ventilatie, verlichting,...) zoals bij een tunnel worden opgenomen, waarmee de DODO oplossing voldoet aan de vigerende tunnelrichtlijn en een voldoende veiligheidsniveau kan bereikt worden (zie ook verder).

3.3.2 Verlenging tunnel onder het Albertkanaal (OKA) tot aan Lobroekdok

Het vigerende ontwerp van de OKA-tunnel voorziet in een gestapelde tunnel onder het Albertkanaal. In noord-zuidrichting (700 m) voldoet het wegontwerp en de oprit Groenendaallaan aan de vereisten van de 10-secondenregel conform de strikte Belgische wetgeving (zie veiligheidsdossier van deze tunnel). Voor de bovenste tunnelbuis (zuid-noord) bedraagt de tunnallengte 490 m en is zodoende de richtlijn niet van toepassing.

Indien een verlenging van de OKA-tunnel in zuidelijke richting, tot aan het Lobroekdok, wordt overwogen, betekent dit dat de tunnallengte van de bovenste tunnelbuis toeneemt tot meer dan 500m en derhalve getoetst dient te worden aan de 10-secondenregel.

De quick-scan toont aan dat met enkele aanpassingen aan het wegontwerp ook voor de bovenste buis een oplossing kan worden gerealiseerd die voldoet aan de 10-secondenregel. Aan de noordzijde zal de verbreding van de afrit naar de Groenendaallaan in noordelijke richting dienen te worden verschoven om te voldoen aan de Belgische wetgeving. Nadere verkenning naar de verkeersafwikkeling en ontwerpdetailering van de afrit zal hiertoe nog worden uitgevoerd.

Aan de noordzijde kan daarbij de afwijking op de 10-secondenregel ook worden verantwoord vanuit de geografische omstandigheden. De beschikbare afstand tussen het Albertkanaal en de Groenendaallaan is een geografisch gegeven dat niet kan worden aangepast. Het grote aantal

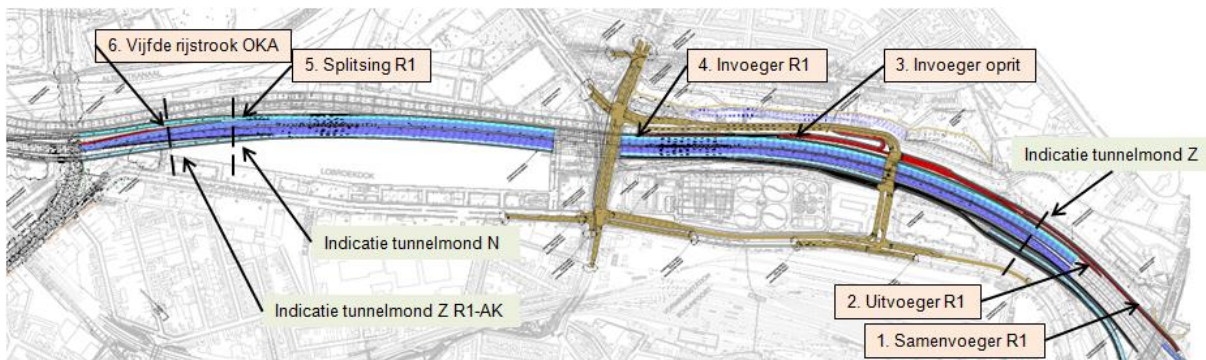
opgenomen veiligheidsvoorzieningen voorziet daarbij in de vereiste borging van het veiligheidsniveau.

Aan de zuidzijde kan het splitsingspunt naar de tunnels kanaalzone op voldoende veilige afstand voor de tunnelmond worden voorzien.

Volledige vertunnelling

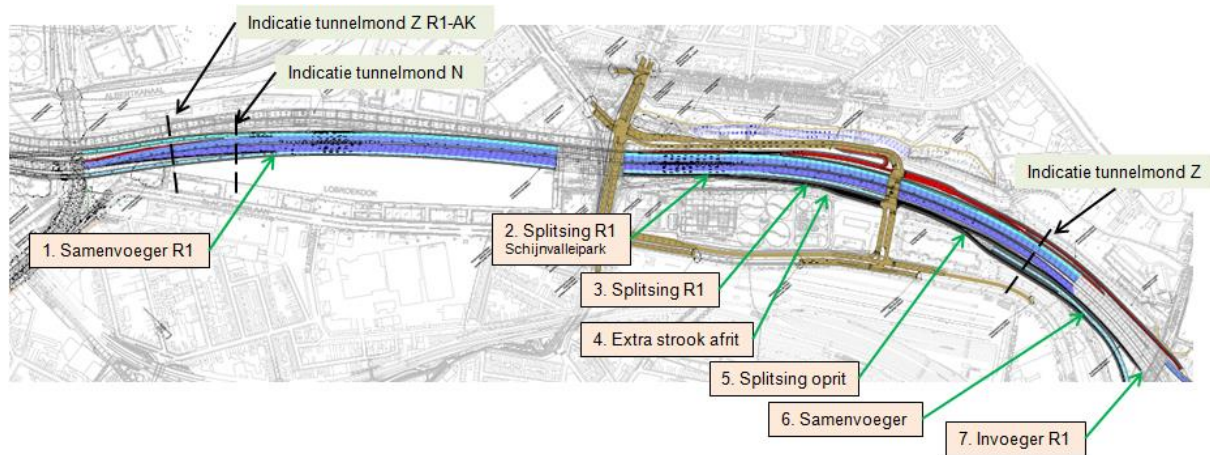
Ingeval een volledige vertunnelling van de R1 zullen de op- en afritten en splitsingspunten in de tunnel, dan wel binnen het invloedsgebied van de tunnel vallen.

Gegeven de bestaande toestand en het vigerende wegontwerp van de R1 toont analyse aan dat zowel in noordelijke, als in zuidelijke richting het ontwerp van de geplande op- en afritten alsook samenvoegingen en splitsingspunten, niet kan voldoen aan de Belgische wetgeving inzake de 10-secondenregel in geval deze volledige vertunnelling van de R1. Op vrijwel al deze locaties wisselt het aantal rijstroken door samenvoegingen, splitsingen en op- en afritten.



Convergentie-/divergentiepunt	Aanvullende maatregelen (noodzakelijk)	Beoordeling NL interpretatie	Beoordeling Belgische wetgeving
1. Samenvoeger R1	Doorgetrokken streep	Voldoet	Voldoet
2. Uitvoeger R1	Aanpassen beginpunt afrit (250m)	Voldoet	Voldoet
3. Invoeger oprit	Volgt uit uitwerking wegontwerp	Voldoet ?	Voldoet niet
4. Invoeger R1	Invoegstrook doorzetten tot OKA (wordt samenvoeger)	Voldoet	Voldoet
5. Splitsing R1	Verschuiven samen maatregel 4.	Voldoet	Voldoet niet
6. Vijfde rijstrook OKA	Punt vervalt door maatregel bij 4.	Voldoet	Voldoet
Special afrit OKA Groenendaallaan	-	Voldoet	Voldoet niet

Figuur 2. Verkeersanalyse Vertunnelling R1 (noordelijke rijrichting)



Convergentie-/divergentiepunt	Aanvullende maatregelen (noodzakelijk)	Beoordeling NL interpretatie	Beoordeling o.b.v. Belgische wetgeving
1. Samenvoeger R1	Aanpassen wegontwerp op 250m	Voldoet	Voldoet
2. Splitsing R1 Schijnvallei	-	Voldoet	Voldoet niet
3. Splitsing R1	-	Voldoet	Voldoet niet
4. Extra strook afrit	-	Voldoet	Voldoet niet
5. Splitsing oprit	Doorgetrokken streep gehele oprit	Voldoet	Voldoet
6. Samenvoeger	-	Voldoet	Voldoet niet
7. Invoeger R1	-	Voldoet	Voldoet niet

Figuur 3. Verkeersanalyse Vertunneling R1 (zuidelijke rijrichting)

Indien de Nederlandse richtlijnen worden beschouwd, zijn op- en afritten in de tunnel wel toegestaan mits dit qua wegcapaciteit en doorstroming niet tot knelpunten ('flessenhals') leidt en op voldoende afstand van de tunnelportalen plaatsvindt. De analyse toont aan, dat met enkele aanpassingen, het huidige wegontwerp van de R1 aan de Nederlandse interpretatie kan voldoen. Het betreft meer bepaald het beperkt verschuiven van enkele splitsingspunten alsmede de toevoeging van een 7^e rijstrook in noordelijke richting tussen de oprit vanuit het aansluitingscomplex Schijnvalleipark en de splitsing naar de tunnels kanaalzone (richting Oosterweelknoop OWK). De eerste verkenning van het wegontwerp toont aan dat deze aanpassingen uit oogpunt van functionaliteit en verkeersveiligheid haalbaar zijn.

Op basis van de quick-scan van de volledige vertunneling kan dus resumerend worden geconcludeerd dat:

- Gezien de van toepassing zijnde Belgische wetgeving, waarbij een verandering van rijstroken in de tunnel niet acceptabel is en op voldoende afstand van de tunnelportalen dient plaats te vinden, zowel voor- als na de tunnel, is een volledige vertunneling van de R1 niet mogelijk.

- indien de Nederlandse interpretatie en richtlijnen van de 10-secondenregel worden gevolgd kan, mits enkele aanpassingen van het wegontwerp voldaan worden aan de 10-secondenregel en de bijkomende veiligheidseisen vanuit Rijkswaterstaat. Hierbij is de voornaamste aanpassing de toevoeging van een 7^e rijstrook in noordelijke richting tussen de oprit vanuit het aansluitingscomplex Schijnvalleipark en de splitsing naar de tunnels kanaalzone (richting Oosterweelknoop OWK).

3.4 Tunnelveiligheidsbeschouwing

3.4.1 Veiligheidsniveau

Ten aanzien van tunnelveiligheid worden voorwaarden gesteld aan het minimaal te bereiken veiligheidsniveau. Dit betekent dat de kans dat bij incidenten slachtoffers kunnen vallen (het risiconiveau) altijd onder een vastgestelde normwaarde dient te blijven. AWV hanteert hiervoor, voorlopig, de Nederlandse tunnelregelgeving en de hierin vastgelegde berekeningsmethodieken (kwantitatieve risicoanalyse, QRA) en modellen (QRA-model (NL)). In deze methodiek worden alle potentiële incidenten met kansen en gevolgen beschouwd.

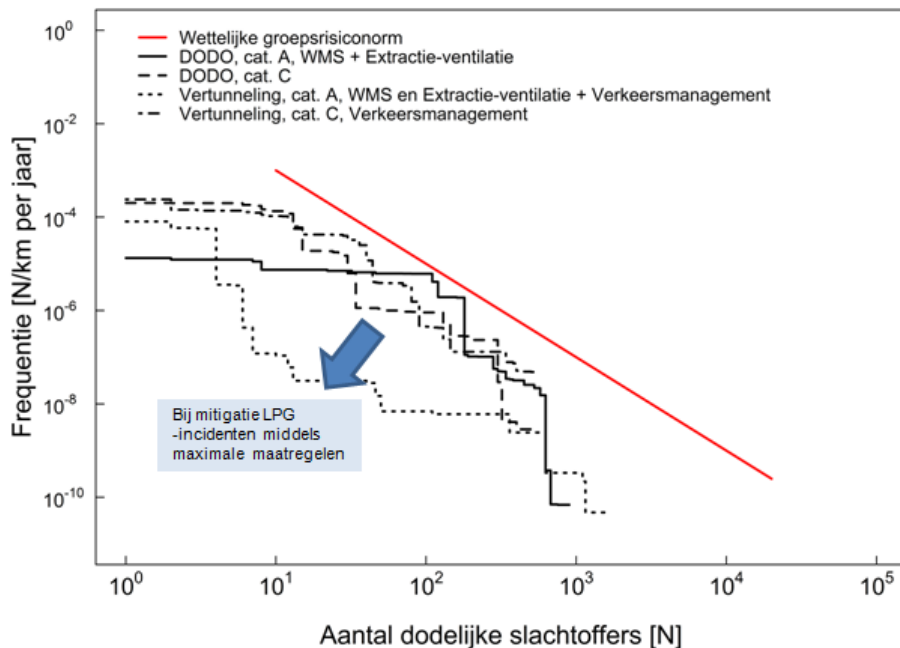
Voor de R1 is sprake van intensief (vracht)verkeer en vervoer van gevaarlijke stoffen (ADR transport³). Dit ADR-verkeer is ingedeeld in verschillende klassen (A t/m E), waarbij alleen voor de hoogste categorie A ook transport van vloeibaar gas (o.a. LPG) is toegestaan. De keuze voor een categorie A tunnel betekent dat naast brandincidenten met vloeibare vloeistoffen ook rekening gehouden dient te worden met incidenten met vrijkomende gassen, welke bij ontsteking tot explosiescenario's kunnen leiden.

Door de Brandweer Antwerpen is uit oogpunt van beheersing van incidenten met ADR-transport aangegeven dat indien transport van brandbare gassen (categorie A) door de tunnels plaatsvindt een actief blussysteem dient te worden voorzien. Een dergelijk Watermiststelsel (WMS) wordt bij incidenten in de tunnel automatisch dan wel door de operator geactiveerd en beheerst en voorkomt de verdere ontwikkeling van de brand en zal ook vrijkomende gassen deels uitwassen en de kans op ontsteking verminderen⁴. Bijkomend voordeel is dat een WMS de impact van brandincidenten op de constructie beperkt waardoor de tunnels na incidenten eerder open gesteld kunnen worden.

Rekening houdend met de voorziene veiligheidsvoorzieningen waaronder watermiststelsel, tunnelventilatie (langsventilatie en extractie) en evacuatievoorzieningen, is met het QRA-rekenmodel het risiconiveau berekend. Voor zowel de DODO als voor de vertunnelde R1 is gecontroleerd of aan de normstelling van het groepsrisico wordt voldaan, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar de situatie bij het toelaten (full-ADR categorie A tunnel) dan wel omleiden van brandbaar gastransport (categorie C tunnel).

³ ADR-transport betreft het internationaal vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg zoals dat is vastgelegd in het Europees verdrag 'Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route'.

⁴ Internationaal onderzoek naar de effectiviteit van dergelijke systemen (UPTUN en SOLIT 2) heeft aangetoond dat brandscenario's kunnen worden beheerst in omvang en intensiteit, waardoor de impact van de scenario's wordt gereduceerd en ook het maximale ontwerp-brandvermogen voor de tunnelventilatie kan worden beperkt. Naar de mate van beheersing van vrijkomen en uitwassing van gassen loopt eveneens onderzoek. De methodiek is overeenkomstig aan de waterschermen die de brandweer aanlegt bij dergelijke incidenten. Watermistsystemen zijn o.a. toegepast in Dartford West Tunnel (UK), A86 Parijs, M30 Madrid, Virgolo Tunnel (It), Eurotunnel (auto- spoortunnel).



Figuur 4. Berekening groepsrisico DODO en Vertunnelling R1 t.o.v. veiligheidsnorm)

Omleiden van brandbare gassen (ADR categorie C tunnel):

- De DODO en de vertunnelde R1 voldoen aan de voorgeschreven groepsrisiconorm indien de veiligheidsvoorzieningen zoals watermiststelsysteem en extractie-ventilatie worden opgenomen. Voor de DODO kan worden volstaan met standaard veiligheidsmaatregelen, maar hier wordt mede uit beschikbaarheidsoogpunt geadviseerd een watermiststelsysteem toe te passen.

Full ADR-tunnel met toelating van transport van brandbare gassen (categorie A):

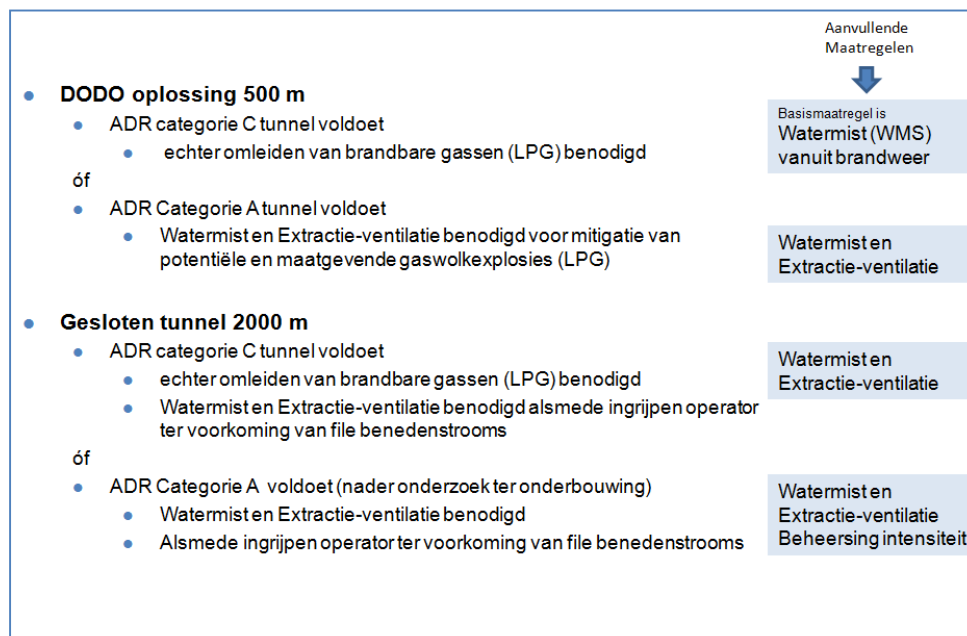
- De DODO voldoet, rekening houdend met een watermiststelsysteem en extractie-ventilatie, aan de groepsrisiconorm bij Full-ADR transport.
- Voor de volledige vertunnelling R1 geldt dat voldaan kan worden aan de risiconorm onder de aanname dat het watermiststelsysteem en extractie-ventilatie bij incidenten de gaswolken effectief kunnen uitwassen alsmede afvoeren en daarmee gasexplosies tegengaan. Bij keuze voor ondertunnelling zal nader specifiek onderzoek (in aanvulling op en ter bevestiging van reeds beschikbare internationale onderzoeksresultaten (zie noot 4)) naar de effectiviteit van het watermiststelsysteem voor de Antwerpse situatie benodigd zijn.

Categorie A = wel LPG transport door DODO en tunnel Categorie C = geen transport LPG door DODO en tunnel	DODO 500m 90km/h Cat. A	DODO 500m 90km/h Cat. C	Tunnel 2000m 90km/h Cat. A	Tunnel 2000m 90km/h Cat. C
WMS = watermist blussysteem				
Geen specifieke veiligheidsmaatregelen (geen WMS geen ventilatie)		✓		
WMS + Extractie-ventilatie aanwezig en voorkomen: zware BLEVE, brandoverslag, plas&fakkelbranden, tox. Vloeistof, plasverdamping		✓		✓
WMS + Extractie-ventilatie voorkomen: gaswolkexplosies (maatgevend scenario)	✓	*		*
WMS en Extractie-ventilatie + Verkeersmanagement voorkomen: zware BLEVE, brandoverslag, plas&fakkelbranden, tox. Vloeistof, plasverdamping gaswolkexplosies (maatgevend scenario), benedenstroomse file	✓	✓	✓	✓

	Voldoet niet aan norm
	Voldoet wel aan norm
	Geen LPG-incident mogelijk

Figuur 5. Beoordeling DODO en Vertunneling R1 t.o.v. veiligheidsnorm, bij gegeven veiligheidsvoorzieningen

Uit de risicoberekeningen blijkt tevens het belang van actief verkeersmanagement. Door een goede doorstroming te verzorgen wordt de kans op incidenten gereduceerd (preventief). Maar ook in geval van incidenten dient door actief ingrijpen van de automatische verkeerssystemen alsmede de operator zowel de toestroom van verkeer alsook de afstroming benedenstrooms (leegrijden van de tunnel) te worden beheerst om het aantal voertuigen dat bij het incident betrokken raakt te beperken.

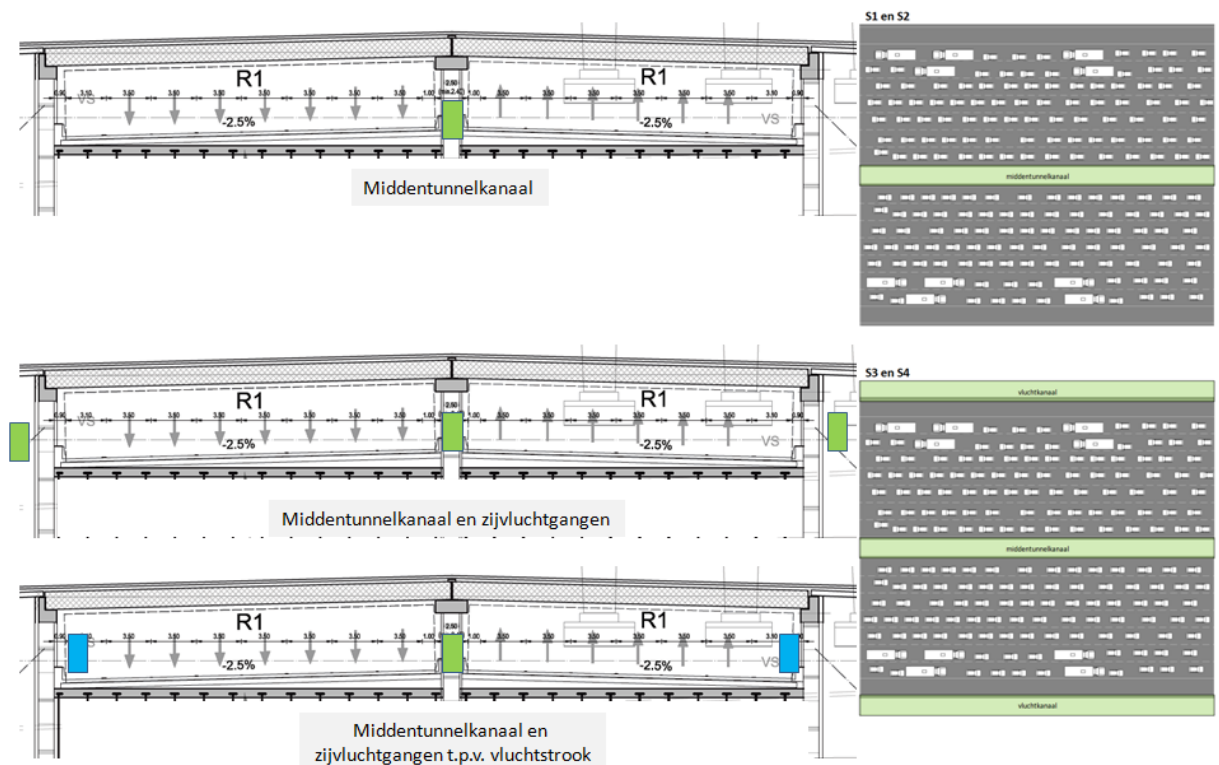


Figuur 6. Overzicht maatregelen i.f.v. groepsrisiconiveau voor DODO en vertunnelde R1

3.5 Evacuatieveiligheid

De tunnelrichtlijn schrijft voor dat voldoende maatregelen en vluchtvoorzieningen aanwezig zijn, opdat in geval van incidenten de weggebruikers zichzelf tijdig in veiligheid kunnen brengen en een weg kunnen vinden naar buiten. Indien dus wordt overgegaan tot een afdekking van de R1 wordt een gecompartmenteerde veilige vluchtgang, van 2,50 m, in het midden tussen de noord- en zuidkoker noodzakelijk. Daar sprake is van een zevental rijstroken zal sprake zijn van vele vluchtenden en zal het oversteken van meerdere rijstroken naar de centrale middenkoker risico's met zich meebrengen, zeker indien het verkeer nog niet volledig tot stilstand is gebracht.

Voor de volledige vertunneling wordt zodoende geadviseerd zowel een centrale vluchtkoker alsook een vluchtgang aan de buitenzijde van elke tunnelbuis te voorzien. Ook de brandweer onderschrijft dit advies, waarbij tevens aan de buitenzijde van beide tunnelbuizen blusvoorzieningen kunnen worden opgenomen. De evacuatieberekeningen tonen hierbij een noodzakelijke breedte van 2,00 m voor de vluchtgangen aan de buitenzijde van de beide tunnelbuizen. De vluchtgangen aan de buitenzijde kunnen (indien gefaseerd wordt overgegaan naar een volledige vertunneling) eventueel ter plaatse van de vluchtstroken in de open U-bak worden voorzien, waarmee het (additionele) ruimtebeslag van de vertunneling wordt beperkt tot 0,40 m per tunnelbuis.



Figuur 7. Overzicht inpassing vluchtgangen bij centrale vluchtgang (boven); bij volledige vertunneling (onder)

3.6 Ventilatieconcept

De tunnelventilatie is een essentiële veiligheidsvoorziening voor incidentbeheersing en ondersteuning van een veilige evacuatie. Hierbij legt het ventilatieconcept belangrijke randvoorwaarden op aan het ontwerp en ruimtebeslag. De richtlijnen vereisen dat voor tunnels vanaf 250 m de rook- en luchtbeheersing dient te worden onderzocht, terwijl ventilatie verplicht is voorgeschreven voor tunnels vanaf 500 m, zie onderstaande toelichting.

De dienstorder 'Tunnels op het grondgebied van het Vlaams Gewest', MOW/AWV/2008/24 van het AWV Agentschap voor Wegen en Verkeer' schrijft voor dat voor tunnels vanaf 200 m de veiligheidsrisico's en de hiervan onderdeel uitmakende(rook- en lucht)beheersing dient te worden onderzocht. Voor tunnels vanaf 500 m is vanuit de Europese Richtlijn2004/54/EG het toepassen van ventilatie verplicht voorgeschreven.

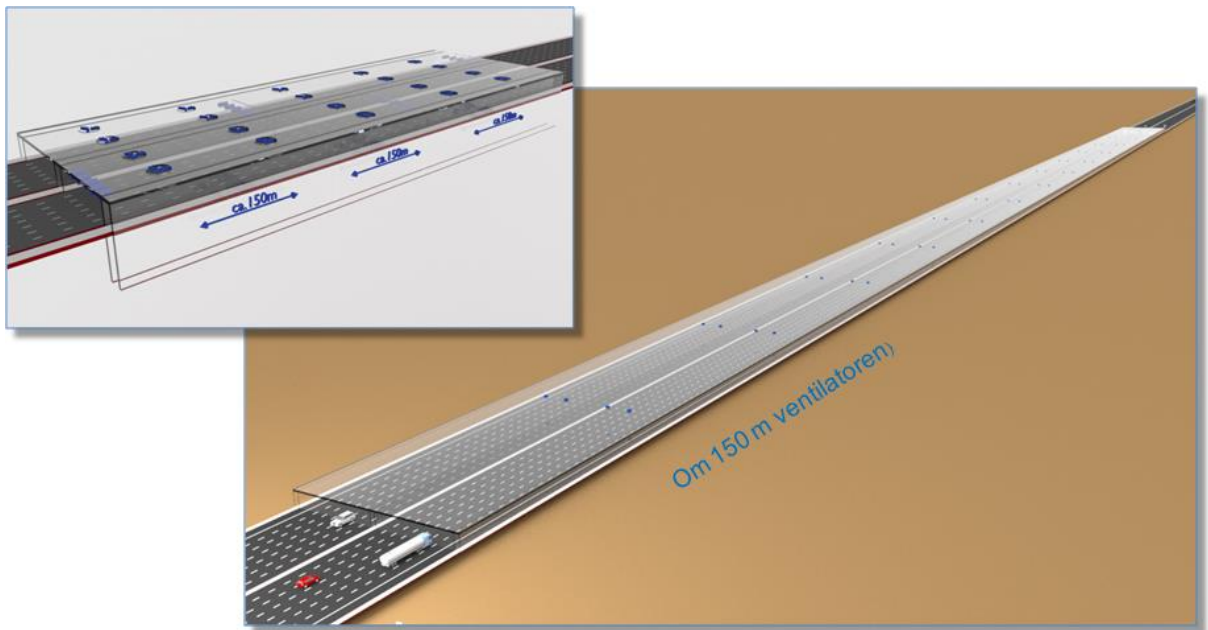
(Noot: in de Nederlandse Richtlijnen vindt vanaf 250 m een beschouwingplaats, terwijl overeenkomstig de Europese tunnelrichtlijn vanaf 500 m ventilatie is voorgeschreven).

In samenwerking met HBI-Zwitserland zijn voor de DODO en volledige vertunneling van de R1 verschillende ventilatieconcepten beschouwd en beoordeeld, gaande van eenvoudige natuurlijke ventilatie met rookluiken tot aan concepten met volledige transversale ventilatie zoals gebruikt in grote Alpentunnels.

Het potentieel grote aantal aanwezigen in de tunnel en de aanmerkelijke kans op benedenstroomse file (mede door de aanwezigheid van op- en afritten) vereisen vanuit veiligheidsoogpunt, dat de rook maximaal beheerst blijft en zich niet door de tunnel heen verspreidt. Ook de Brandweer Antwerpen heeft het bijzondere belang van de beperking van de rookverspreiding voor deze tunnel aangegeven. Door te kiezen voor (verticale gerichte) extractie-ventilatoren in het tunneldak in combinatie met longitudinale jet-fans in de tunnel kan de rook ter plaatse worden afgevoerd en de rookverspreiding in de tunnel beperkt worden. Dit ventilatieconcept sluit aan bij de internationale richtlijnen voor zogenaamde 'city tunnels'.

De verkennende ventilatieberekeningen tonen aan dat met extractie-ventilatoren om de ca. 150 m brandincidenten met zware vrachtwagens (bij aanwezigheid van het watermiststelsel) afdoende kunnen worden beheerst en de rookverspreiding zich beperkt tot een zone van 300-450 m. Hiermee wordt voldaan aan het voorgeschreven veiligheidsniveau ten aanzien van evacuatie, daar het aantal mensen dat wordt blootgesteld aan het incident ook bij de volledige vertunneling van 2100 m (zie figuur 1) beperkt blijft. De extractie-ventilatoren zullen alleen geactiveerd worden in geval van calamiteiten en zijn in reguliere situaties geluidsdicht afgesloten middels hydraulisch beweegbare kleppen.

Voor de volledige vertunneling van de R1 van 2.100 m wordt zodoende met de extractie-ventilatoren en (omkeerbare) jet-fans in de tunnel een geschikt ventilatieconcept gerealiseerd.

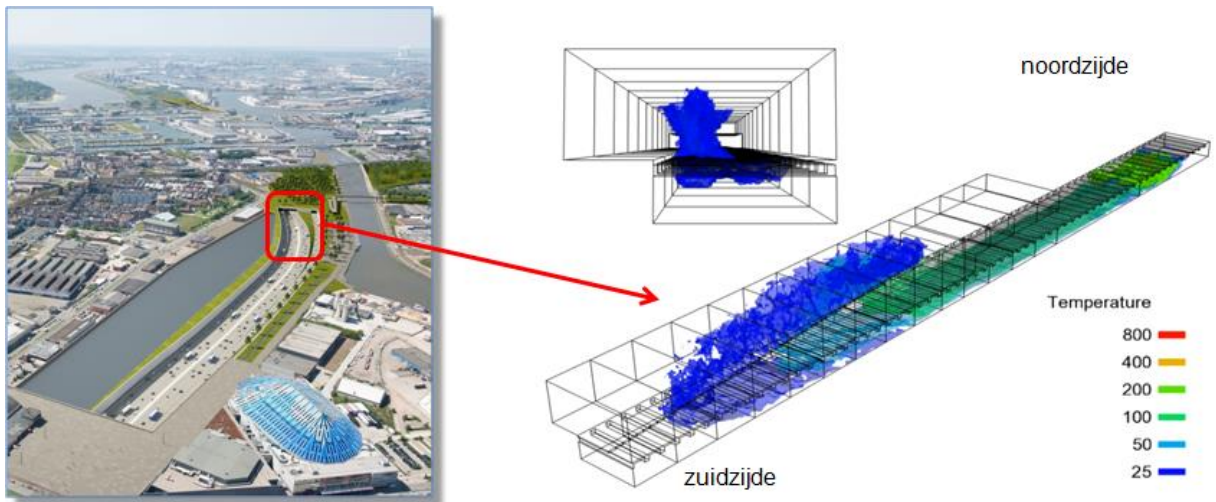


Figuur 8. Ventilatieconcept vertunneling R1 middels extractie-ventilatoren in dak (principe en op schaal)

Bij de zuidelijke mond van de OKA-tunnel (Ondertunnelde Kruising R1-Albertkanaal) bij het Lobroekdok komen de verschillende tunnels samen, te weten de Kanaalzone tunnels, de OKA en de vertunnelde R1. Voor de OKA en Kanaalzone tunnels is voorzien in een langsventilatieconcept. Van belang is een functionele scheiding te voorzien tussen de verschillende ventilatiesystemen ter plaatse van dit knooppunt, om te voorkomen dat in geval van incidenten de uittredende rook niet van de ene tunnel naar de andere tunnel verspreidt.

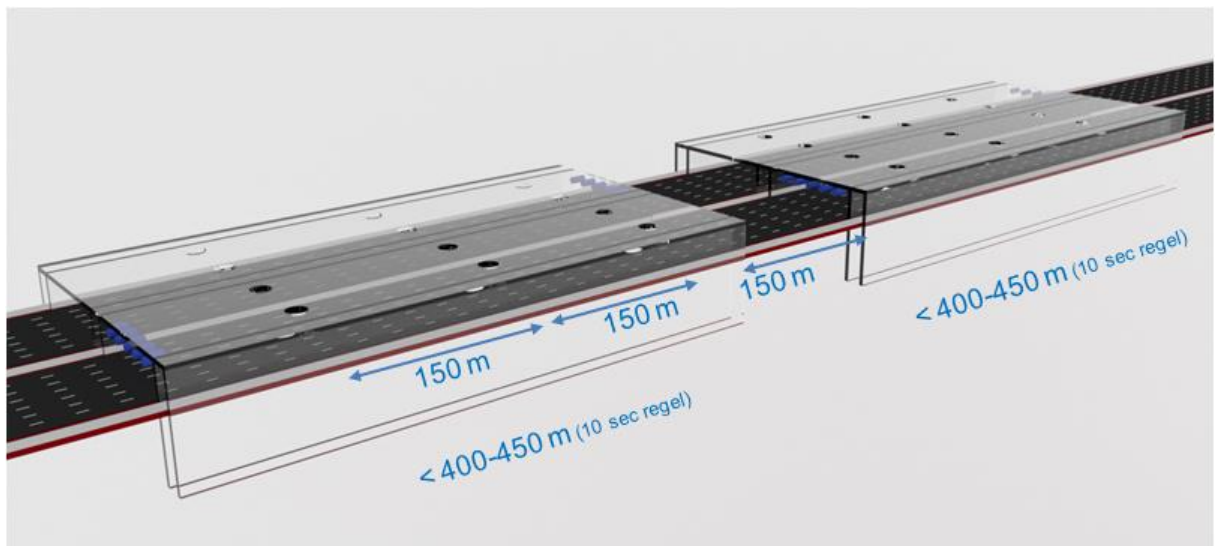
Deze functionele scheiding van de ventilatie en rookbeheersing kan op meerdere manieren gerealiseerd worden. De eenvoudigste wijze is het voorzien van een open zone tussen beide systemen met een lengte van ca. 150 m, zodat de rook onbelemmerd de open lucht in kan stromen.

Indien geopteerd wordt voor een doortrekken van de tunnels in elkaar en dus het volledig vertunnelen, zal minimaal voorzien moeten worden in een ventilatiegebouw met belangrijke extractievoorzieningen, ter hoogte van deze verknoping. Bij het volledig koppelen van de ventilatiesystemen zal, zonder ventilatiegebouw, het veiligheidsniveau van het gehele systeem afnemen, zowel ten aanzien van tunnelveiligheid alsook explosieveiligheid daar vrijkomende brandbare gassen in geval van een incident niet kunnen worden afgevoerd. De haalbaarheid om de tunnels ter plaatse toch af te dekken en middels een ventilatiegebouw de (rook)gassen af te voeren kan in een volgende fase worden onderzocht, maar valt gezien de complexiteit (dit vergt geavanceerde en complexe 3D-stromingsberekeningen) buiten de scope van de quick-scan.



Figuur 9. Belang van scheiding tussen systeem OKA en afdekking R1

Indien voor de DODO wordt geopteerd zullen eveneens ventilatievoorzieningen in de tunnel worden opgenomen. Ook deze kortere tunnels vragen, vanuit de richtlijnen, een beschouwing naar het veiligheidsniveau en -maatregelen. Uit oogpunt van de beperking van de impact van een brandincident en om het vereiste veiligheidsniveau te halen, dienen de afgedekte secties beperkt te blijven tot 400-450 m. Voor de beheersing van incidenten met ADR-transport (o.a. vrijkomende brandbare en explosieve gassen bij incidenten met LPG-transport) zullen naast de gangbare langsventilatoren eveneens de extractie-ventilatoren worden opgenomen op de eerder benoemde onderlinge afstand van ca. 150 m, daarbij aansluitend bij de toekomstige vertunneling.



Figuur 10. Ventilatieconcept DODO met zones van 400 - 450 m en extractie-ventilatoren in dak voor rookbeheersing en afvoer van gaswolken bij incidenten

Om de gevolgen van incidenten te beperken dient voorkomen te worden dat (rook)gassen eveneens de benedenstreams gelegen secties bedreigen. In de eerste fase van een incident zal de rook nog

meegevoerd worden door de in de tunnel resterende lichtsnelheden, initieel veroorzaakt door het rijdend verkeer. Op basis van internationaal gehanteerde richtlijnen en onderzoek (Zwitserland, Duitsland) alsmede expert-judgment van de situatie wordt geadviseerd hiertoe voorlopig een open zone met een minimale lengte van 150 m aan te houden. Verder onderzoek, met dynamische modellering van de luchtstromen dient uitgevoerd te worden om deze lengte nauwkeuriger te bepalen.

De beschouwing van de ventilatieconcepten leidt samenvattend tot de volgende bevindingen:

- Voor zowel de DODO als volledige vertunneling biedt een ventilatieconcept met extractie-ventilatie in combinatie met langsventilatoren in de tunnel een veilig concept dat voldoet aan de internationale standaarden voor stedelijke tunnels met intensief verkeer.
- Bij keuze voor een DODO-oplossing dienen de secties beperkt te blijven tot 400 - 450 m met daartussen een open zone van ca. 150 m (exacte lengte nader te bepalen).
- Om een voldoende hoog veiligheidsniveau te bekomen dienen de (ventilatie)systemen van de OKA, Kanaaltunnels en vertunnelde R1 ter hoogte van hun samenvoeging functioneel gescheiden te worden.

Het eenvoudigst kan dit door het voorzien in een open zone van ca. 150m tussen deze tunnels. Indien een volledige vertunneling gewenst is dient verder, gedetailleerd onderzoek te gebeuren naar de mogelijkheid van de implementatie van een ventilatiegebouw met belangrijke extractievoorzieningen.

3.7 Afstemming Brandweer Antwerpen veiligheidsvoorzieningen

In de DODO en vertunnelde R1 zullen de in de tunnelrichtlijn voorgeschreven voorzieningen worden opgenomen. Dit betreft onder andere detectie, hulpposten en blusvoorzieningen, vluchtwegmaatregelen, verlichting en verkeerssignalering. Daarenboven zullen de specifiek benoemde en vanuit veiligheidsniveau vereiste maatregelen zoals vluchtgangen aan beide zijden van elke tunnelbuis, een watermiststelsel en extractie-ventilatie ondersteund met langsventilatoren worden opgenomen. In de verkenning naar de constructieve uitwerking en het geometrisch ruimtebeslag van de tunnel is dit meegenomen.

Dit voorzieningenpakket is besproken met de Brandweer Antwerpen, opdat ook vanuit bereikbaarheid en interventie een aanvaardde oplossing wordt verkregen. Zowel de DODO als vertunnelde R1 bieden een tweezijdige bereikbaarheid voor de hulpdiensten. De brandweer zal voor kleine incidenten niet overreageren (om de doorstroming op de R1 te bevorderen) en met het verkeer mee het incident benaderen. De breedte van de tunnels is voldoende groot, zodanig dat volgens de brandweer tussen het vertraagde of stilstaande verkeer door kan worden gereden. Hierdoor vervalt voor de brandweer de noodzaak voor het voorzien van een vluchtstrook. Bij een interventie zal het verkeer immers plaats maken voor de hulpdiensten (het verkeer gaat open). Het belang van een goede alarmering (op basis van uitgebreide detectievoorzieningen), een locatiebepaling en verkeersmanagement om tijdig de rijbanen af te kruisen wordt door de Brandweer Antwerpen onderschreven.



(Veiligheids) maatregelen	Toelichting	DODO	Afdekking R1
		400-450 m	2100 m
Veiligheidsmaatregelen algemeen	1. Detectie 2. Hulpposten 3. Vluchtwegvoorzieningen 4. Blusvoorzieningen hulpdiensten 5. Verlichting 6. Verkeersignalering	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓
Vluchtstrook		(✓)	-
Vluchtgangen	Middentunnelkanaal Middentunnelkanaal en zijgangen	✓ ✓ Advies	✓ ✓
FFFS Watermist systeem		✓	✓
Ventilatie (Extractie vent. in dak)	1. Reservering in dek in eerste fase 2. Aanbrengen ventilatoren t.b.v. gasexplosiebeheersing	✓ (✓)	- ✓
Langsventilatoren in tunnel		✓	✓
Gereguleerde luchtmissie		-	✓

Figuur 11. Overzicht veiligheidsvoorzieningen DODO en vertunnelde R1

Voor grootschaliger incidenten is de naastgelegen buis de veilige aanrijroute. Middels de tegenover elkaar gelegen deuren, om de 50 m, kan via het middentunnelkanaal de incidentbuis worden bereikt en interventie worden opgezet. Waar de tunnelkokers verder van elkaar gelegen zijn (ter plaatse van de tunnelkruising Albertkanaal OKA) kunnen verbindings- of interventiegangen worden voorzien, waardoor elke 100 m toetreding vanuit de veilige buis naar de incidentbuis mogelijk wordt. Gezien de breedte van de tunnel vraagt de brandweer om zowel aan de binnen- als buitenzijde van de tunnelkoker hulpposten en aansluitingen voor blusvoorzieningen te voorzien. Deze kunnen gecombineerd worden met de tweezijdige vluchtgangen.

Het watermiststelsel wordt door de brandweer aangemerkt als een essentiële voorziening voor het (tijdig) beheersen van incidenten. Tezamen met het specifieke ventilatiesysteem nemen o.a. ook de interventiemogelijkheden voor de hulpdiensten hiermee toe. De afvoer van de rook via het extractie-ventilatiesysteem draagt ertoe bij dat de rook zich slechts beperkt door de tunnel verspreidt en bovenstroomse interventie haalbaar is.

Resumerend geldt dat er op basis van het uitgewerkte veiligheidsconcept vanuit de brandweer geen bezwaren worden gezien voor de realisatie van een DODO dan wel vertunnelde R1.

4 Constructieve aspecten vertunneling R1

4.1 Explosie impact analyse

In het kader van de quick-scan is er door TNO (Technisch Natuurwetenschappelijk Onderzoeksinstituut uit Nederland) een onderzoek gedaan naar de optredende explosiebelastingen (explosie-impactanalyse). TNO heeft een afdeling die zich sinds vele jaren op hoog specialistisch niveau (zowel analytisch als d.m.v. praktijkproeven) met deze materie bezig houdt. TNO beschikt over door praktijkproeven gevalideerde modellen waarmee explosies in tunnels kunnen worden gesimuleerd en geanalyseerd. In het kader van de quick-scan zijn hiervoor de naar verwachting meest maatgevende explosiescenario's van een LPG tank gesimuleerd. Dit onderzoek is door RoTS opgestart omdat naar aanleiding van eerder door TNO gepubliceerde papers inzake explosies in tunnels de volgens de Eurocode norm aan te houden explosiebelasting te conservatief lijkt. Hoewel het onderzoek van TNO nog niet is afgerond en een periode bestrijkt die langer is dan de beperkte beschikbare tijd voor de quick-scan kunnen wel wat voorlopige conclusies worden getrokken:

TNO heeft tijdens de quick-scan de explosie van een open gescheurde LPG tankwagen in verschillende scenario's ontleed. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in een 'Gas Expansie Explosie' (GEE) en een 'Boiling Liquid Vapour Expansion Explosion' (BLEVE).

In het geval van een GEE ontstaat er een gat in de (vrijwel lege) LPG tankwagen waaruit het LPG langzaam wegstroomt. Na enkele minuten ontstaat er een steeds groter wordende gaswolk in de tunnel die door de aanwezige horizontale luchtstroom met de verkeersrichting mee zal afdrijven. Afhankelijk van de gasmengselverhoudingen in de gaswolk kan deze vervolgens (door vuur/hitte), na enkele minuten ontsteken waarna direct een ontploffing volgt. De explosiedrukken die hierbij vrijkomen zijn door TNO gesimuleerd en geanalyseerd en blijken o.a. afhankelijk te zijn van de omgevingstemperatuur- en de horizontale windsnelheid in de tunnel. Onder bepaalde omstandigheden kunnen er (tijdelijke, in termen van milliseconden) explosiedrukken ontstaan waarvan de pieken (bij het explosiepunt) vergelijkbaar zijn aan de waarden in de Eurocode (ca. 2.000 kPa). Wanneer de luchtsnelheid echter vrijwel 0 is, is de explosie(piek)druk veel kleiner en als de windsnelheid hoog is (>2 m/s) dan vindt zelfs geen ontsteking plaats, zo blijkt uit de simulaties van TNO (het gas wordt in dat geval te veel verdund). Omdat de luchtsnelheid in tunnels over het algemeen ongeveer 3 m/s bedraagt is er derhalve een relatief kleine kans op een ontploffing. Als het echter toch gebeurt zijn de gevolgen groot.

Uit de simulaties en analyses van TNO blijkt ook dat de explosiedruk op relatief geringe afstand van de ontploffingslocatie substantieel afneemt. Op een horizontale afstand van ca. 15 m van het explosiepunt is de explosiedruk tegen het dak (dit is het maatgevende constructieonderdeel) gedaald van maximaal 2.000 kPa naar ca. 300 kPa. Hoewel er in het kader van deze quick-scan geen explosieresponsieanalyses zijn uitgevoerd door RoTS kan op basis van expert judgement worden aangenomen dat het tunneldak dan over een lengte van 30-50 m zal bezwijken. De lengte waarover het tunneldak bezwijkt, is waarschijnlijk mede afhankelijk van de detaillering van de verbinding tussen tunneldak en tunnelwand, alsmede het type dak dat uiteindelijk zal worden gekozen. In een vervolgfase van het onderzoek zal dit door middel van een explosieresponsieanalyse nader moeten

worden uitgewerkt. Hieruit zal ook moeten blijken welke maatregelen nodig zijn opdat de wanden van de tunnel in geval van een explosie niet begeven. Omdat de wanden van de tunnel door middel van groutankers horizontaal worden gestabiliseerd, is het te verwachten dat ook bij een instortend tunneldak de wanden van de verdiepte R1 intact (stabiel) blijven.

Internationale literatuur geeft een steeds duidelijker wordende tendens aan dat dergelijke GEE explosies ook actief gemitigeerd kunnen worden door een watermiststelsel (zie ook paragraaf 3.4.1). Door benedenwinds een watermiststelsel in te schakelen kunnen de gaswolken verneveld c.q. uitgewassen worden, waardoor de kans op een explosie verder verkleint. Dit in combinatie met de (ten behoeve van de ventilatie bij brand) reeds voorziene extractie-ventilatoren waardoor het gasmengsel kan worden afgezogen, maakt dat de kans op een GEE heel klein wordt.

In geval van een BLEVE scenario scheurt de (volledig met vloeibaar LPG gevulde) gastank door een ongeval/incident en kan er (zonder ontsteking door vuur/hitte) meteen een explosie optreden, omdat de onder druk staande vloeibare LPG acuut vrijkomt. Een dergelijke BLEVE is uiteraard niet met een watermist te voorkomen, omdat dit stelsel nooit snel genoeg ingeschakeld kan worden. Uit de analyse van TNO blijkt dat de kans op dergelijk scenario relatief gering is. De bij een dergelijke BLEVE vrijkomende explosiepiekdruk (bij het explosiepunt), is vergelijkbaar met het beschreven GEE scenario (ca. 2.000 kPa) en de Eurocode. Ook in dit BLEVE scenario geldt echter dat de explosiedruk snel afneemt in functie van de afstand tot het explosiepunt. Vooral nog lijken de explosiedrukken van het BLEVE scenario niet wezenlijk verschillend van het GEE scenario. De impuls (explosiedruk x tijd) van de BLEVE is echter wel significant groter. Dit betekent kort gezegd dat de explosiedruk langer aanhoudt en derhalve de constructie wat langer belast. Het is derhalve aannemelijk dat responsie van de tunneldakconstructie ook wat anders zal zijn, waardoor de schade aan het dak mogelijk ook over een wat grotere lengte zal plaatsvinden. Ook voor dit BLEVE scenario is echter nog geen constructie-responsie analyse uitgevoerd, dus dit is niet met berekeningen onderbouwd.

Rekening houdend met de kanttekening dat het onderzoek van TNO half september 2014 afgerond zal zijn en er geen specifieke constructie responsieanalyses zijn uitgevoerd, kan op basis van expert judgment voorlopig concluderend gesteld worden dat:

- De explosiepiekdrukken vergelijkbaar zijn met de Eurocode.
- De explosiedrukken snel afnemen naarmate de afstand tot het explosiepunt groter wordt.
- De belasting op het tunneldak waarschijnlijk dermate groot is dat dit lokaal zal bezwijken.
- De lengte waarover het dak zal bezwijken in de orde van 30-50 m zal liggen.

4.2 Vluchtgang zuidelijke slibwand van de vertunnelde R1

Omwillen van (evacuatie)veiligheid dienen bij de DODO en vertunneling aan weerszijde en in het midden van de R1 vluchtgangen te worden voorzien. Er is door THV RoTS een quick-scan uitgevoerd naar de mogelijkheden om de vluchtgang naderhand (dus na de bouw van de R1 en dus bij latere ombouw naar DODO of vertunnelde R1) aan de buitenzijde van de verankerde slibwand van de verdiepte R1 te bouwen.

De technische uitdaging bij de bouw van de vluchtgang aan de buitenzijde wordt gevormd door de verankerde slibwand van de verdiepte R1. De slibwand dient namelijk te allen tijde horizontaal

verankerd te zijn om aan de constructieve eisen te voldoen. De vluchtgang dient onder de ankerrij geplaatst te worden.

Voor het plaatsen van de vluchtgang aan de buitenzijde van de slibwand zijn een drietal oplossingen verkend:

- **Vriezen:** Door met verticale vrieslansen tussen de ankers door een grondmassief te bevroren kan de vluchtgang langs de slibwand en onder de ankers door worden ontgraven/uitgehakt. Omdat de ankers van de slibwand niet worden verwijderd blijft de slibwand van de verdiepte R1 tijdens deze werkzaamheden continu verankerd.
- **Damwand:** In deze oplossing wordt eerst de afdekking geplaatst. Vervolgens worden de ankers verwijderd en neemt de afdekking de horizontale kracht uit de ankers over. Als de ankers zijn verwijderd wordt er enkele meters naast de slibwand een damwand geslagen. De ruimte tussen de dam- en slibwand wordt ontgraven en de vluchtgang wordt gebouwd. Hierna wordt er een nieuwe rij met ankers geplaatst om de horizontale kracht uit de slibwand weer van de afdekking over te nemen. De nieuwe ankers zijn nodig in de permanente fase als de schorende werking van de afdekking onverhoopt wegvalt bij een explosie in de tunnel.
- **Doorpersing:** Evenwijdig aan de tunnel wordt, onder de ankerrij door, een doorpersing voorzien. De verbindingen met de R1 worden met behulp van vriezen gemaakt. Hiervoor worden zeer lokaal vanaf het maaiveld vrieslansen tussen de doorpersing en de slibwand gestoken, zodat de verbindingen kunnen worden uitgehakt.

De vier oplossingen, inclusief de vluchtgang aan de binnenzijde van de slibwand, zijn in een trade-off matrix met elkaar vergeleken:

Figuur	Omschrijving	Kosten	Voldoet?	Bouw afhankelijk van overkapping?	Standaard technieken?
	Vriezen	-	Ja	Nee	Nee: groot vriesmassief
	Damwand	- Verloren anker	Ja	Ja, voor horizontale kracht	Ja
	Doorpersing	--	Ja	Nee	Ja
	Binnenzijde	++	Ja	Nee	Ja

Figuur 3. Trade-off matrix plaatsen vluchtgang bij latere ombouw R1 naar DODO of vertunnelde R1

Op basis van de trade-off matrix kan worden afgeleid dat de vluchtgang aan de binnenzijde het best is, zowel constructief als financieel. Hierdoor vervalt echter de vluchtstrook in de verdiepte R1. Deze

situatie is perfect vergelijkbaar met de situatie in de Scheldetunnel en de Ondertunnelde Kruising R1-Albertkanaal (OKA), waar ook geen vluchtstrook voorzien is. De ruimte binnen de kokers is hierbij voldoende groot opdat de Brandweer kan interveniëren met de rijrichting mee, door tussen het verkeer door te rijden (het verkeer gaat open). De Brandweer heeft bevestigd ook voor de R1 hier geen probleem in te zien (zie ook hoofdstuk 3.7).

Verder heeft de quick-scan aangetoond dat de constructie van een vluchtgang aan de buitenzijde van de verdiepte R1 weliswaar technisch haalbaar is, maar dat deze varianten vele malen duurder en complexer (en dus risicovoller) zijn. Daarbij heeft de vluchtgang aan de buitenzijde ook invloed op de bouwfasering en daarom ook een langere bouwtijd van de vertunneling tot gevolg.



4.3 Vertunneling verdiepte ligging R1 – stabiliteit dakplaat.

De tunnel van de R1 bestaat uit 2 rijwegkokers met elk 7 rijstroken. Door THV RoTS is ook onderzocht op welke manier de dakplaat van de tunnel het best kan gerealiseerd worden rekening houdend met de verschillende randvoorwaarden (hoogte, explosie, belasting, financieel, ...).

De uitgangspunten bij deze mogelijke vertunneling zijn:

- De overspanning is ca. 31 m.
- Als belasting op het dek wordt rekening gehouden met 1 m gronddekking waarop een park wordt gerealiseerd $20+5=25$ kN/m² of 0,5 m wegoopbouw met normaal verkeer $10+15=25$ kN/m².
- Op een aantal plaatsen moeten gaten in het dek gerealiseerd worden voor de extractie-ventilatoren die in geval van calamiteit de rook afvoeren (tussenafstand ca. hart op hart ca. 150 m). Voor de ventilatoren is een ruimte van 3,5x3,5 m benodigd.
- I.v.m. de kans op explosies moet er rekening mee gehouden worden dat het dek of een deel van het dek weg wordt weggeblazen.

Met deze uitgangspunten is een zevental varianten globaal uitgewerkt en de bijbehorende constructiehoogte bepaald. In onderstaande tabel zijn de varianten in een trade-off matrix vergeleken.

OP-TIE	Figuur	Omschrijving	Explosie luik	Direct /later	Standaard liggers	Constructiehoogte	Kosten ++/+/+/-/--
1		Kokerliggers met druklaag	Ja	Direct /later	Ja	2,2 m	+-
2		Kokerliggers	Nee	Direct /later	Ja	1,4 m	+-
3		OT-liggers	Nee	Direct /later	Ja	1,8 m	+-
4		T-liggers	Nee	Direct /later	Nee	1,3 m	+-
5		OT-liggers met voorspanning	Ja	Direct /later	Ja	1,7 m	-
6		Verlopende T-liggers	Ja	Direct /later	Nee	2,0 m	--
7		In-situ dek + voorspanning	Ja	Direct	Nee	1,3 m	+

Figuur 4. Trade-off matrix constructie dak

Uit de trade-off matrix volgt dat vanuit het oogpunt van zowel financiën als minimale constructiehoogte de in situ variant (7) het meest geschikt is.

Wanneer de vertunneling van de R1 meteen uitgevoerd zou worden kan hierbij een wanden-dak methode gevolgd worden, waarbij het in situ dak op het maaiveld wordt gestort. Na verharding wordt het dak nagespannen en kan er onderdaks worden ontgraven. Deze bouwwijze kan over grote delen van de R1 voor 2 tunnelbuizen tegelijkertijd worden uitgevoerd. Voor een relatief klein gedeelte langs het Lobroekdok zal gefaseerd moeten worden gewerkt, waarbij (de oostwand en) het dak van de oostelijke tunnelbuis pas kan worden aangelegd als het westelijke viaduct is gesloopt (zie hoofdstuk 5.4).

Wanneer de vertunneling van de R1 later uitgevoerd wordt zal een van beide rijrichtingen dienen te worden afgesloten (zie hoofdstuk 5.4) en kan het dak (alsook de verkeerskundige- en tunneltechnische installaties VTTI) worden aangelegd. Een in-situ variant is ook dan mogelijk, maar in dat geval zal het dak op een onderstempelde bekisting moeten worden aangebracht.

Een dak bestaande uit geprefabriceerde liggers met daarop een in-situ druklaag is ook mogelijk maar is ca. 10-20 % duurder. Deze bouwtechniek kan zowel worden toegepast als de R1 meteen als nadien wordt vertunneld. Deze uitvoeringsmethode biedt vooral voordelen als de R1 nadien zou worden vertunneld omdat in dat geval geen onderstempelingsconstructie noodzakelijk is. De bouwtijd kan hiermee substantieel worden verkort.

5 Impact en gevolgen

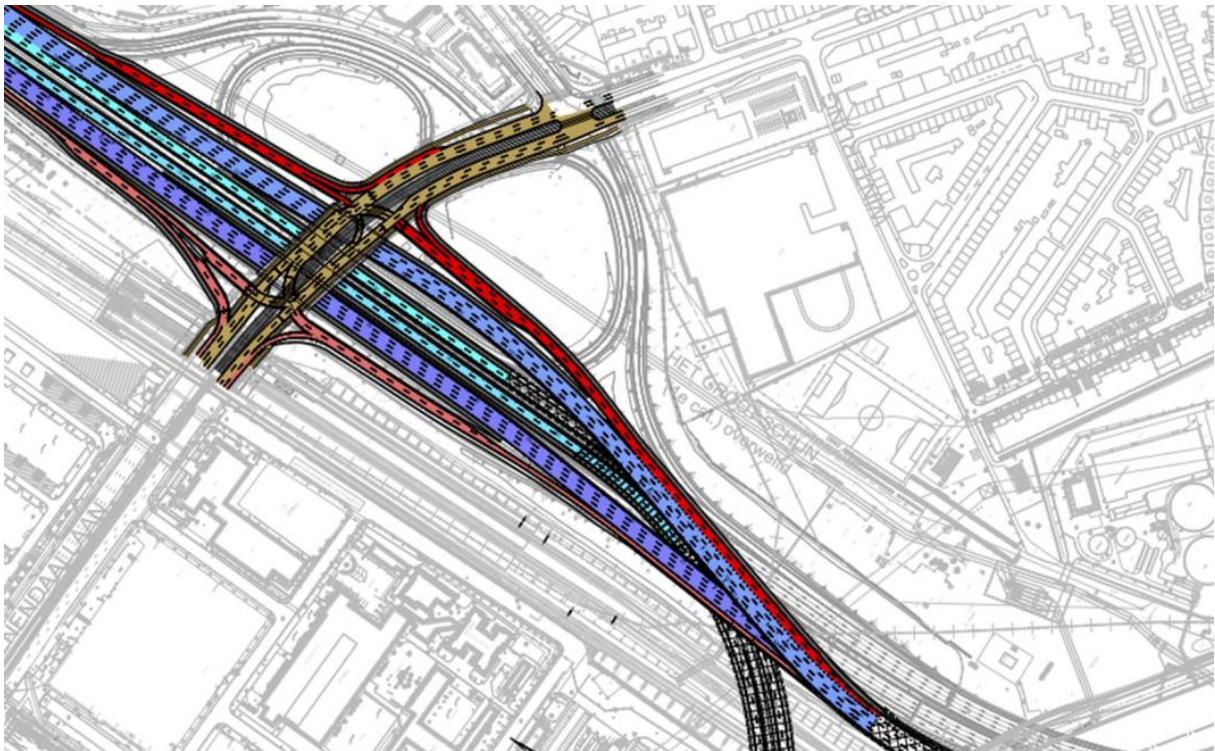
5.1 Omvang en scope van de vertunneling

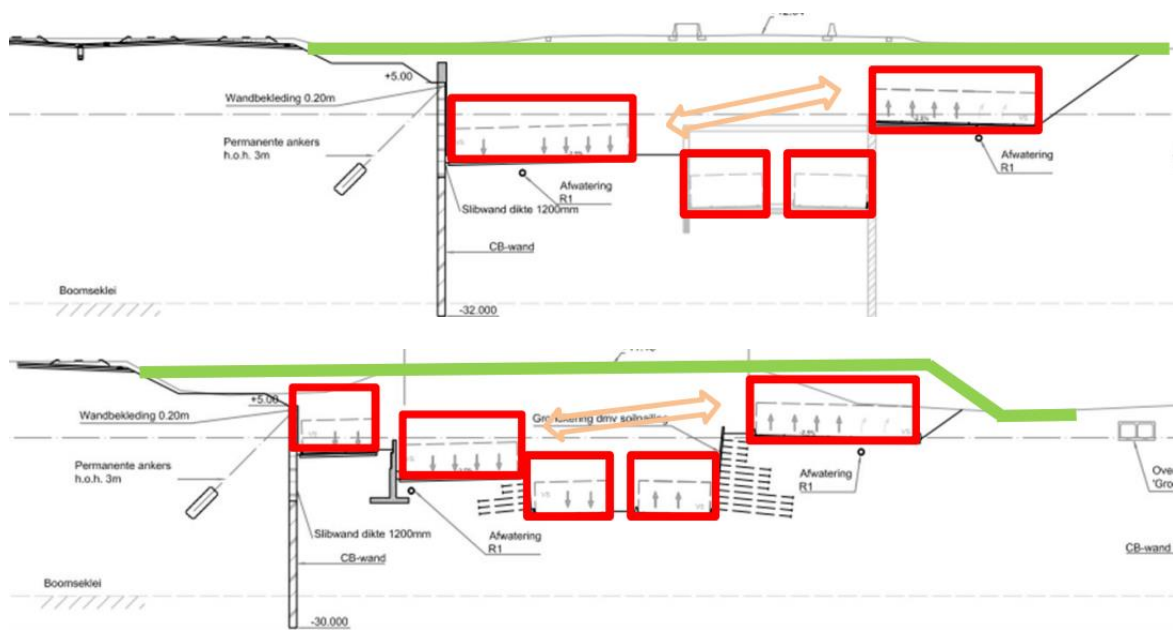
In de voorgaande delen werden de meer algemene problematiek van een eventuele vertunneling van de R1 besproken, min of meer van toepassing voor de volledige R1. In het hierna volgende wordt meer in detail gekeken naar de mogelijkheden voor een toekomstige vertunneling van de R1 tussen de E34/E313 en de Groenendaallaan.

5.1.1 Tussen OKA en Groenendaallaan

In deze omgeving zullen er bij een eventuele vertunneling van de R1 vier tunnelkokers samenkomen. Omwille van tunnelveiligheid zal voor elke tunnelkoker een apart en gescheiden ventilatiesysteem noodzakelijk zijn. Aangezien de tunnelmonden in elkaars omgeving gelegen zijn zal dit specifieke aandacht vergen om rookkortsluiting tussen de incidentbuis en de veilige tunnelbuizen te vermijden.

Bijkomend aandachtspunt is het feit dat tussen Albertkanaal en Groenendaallaan de beide rijrichtingen van de R1 van elkaar gescheiden zijn (niet aansluitend gelegen) omwille van het horizontaal alignement van de snelweg. Beide rijrichtingen waaieren immers uit elkaar om de aansluiting van de kanaaltunnels te kunnen realiseren. Uit de bespreking met de brandweer volgt dat voor interventie en repressie het principe van incidentbuis en veilige niet-incidentbuis ook hier moet aangehouden worden. Dit impliceert dus dat er op zeer regelmatige afstand (om de ca. 100 m) tussen beide rijrichtingen verbindingsgangen gerealiseerd moeten worden om toetreding mogelijk te maken.





Figuur 5. Situatie en snede tussen Albertkanaal en Groenendaallaan als open verdiepte constructie en principe vertunnelde oplossing met verbindingsgangen

Omwillen van het dichtleggen van de R1 op deze locatie wordt de ondertunnelde kruising Albertkanaal (OKA) langer en zal dit ook significante gevolgen hebben voor de veiligheidsaspecten van deze tunnel.

Het vertunnelen van het gedeelte tussen OKA en Groenendaallaan blijkt uit deze quick-scan dus mogelijk, maar zal omvangrijke werken vergen. De nadere uitwerking van deze situatie maakte geen deel uit van deze quick-scan. De opgemaakte principetekeningen en opgegeven kostprijsindicatie houden geen rekening met het vertunnelen van dit deel tussen OKA en Groenendaallaan.

5.1.2 Tussen E313 en OKA

Het vertunnelen in deze omgeving is over de volledige lengte (veiligheids)technisch mogelijk, mits rekening te houden met de in hoofdstuk 3 aangehaald aspecten (aansluiting met OKA/tunnels kanaalzone, wetgeving, ...)

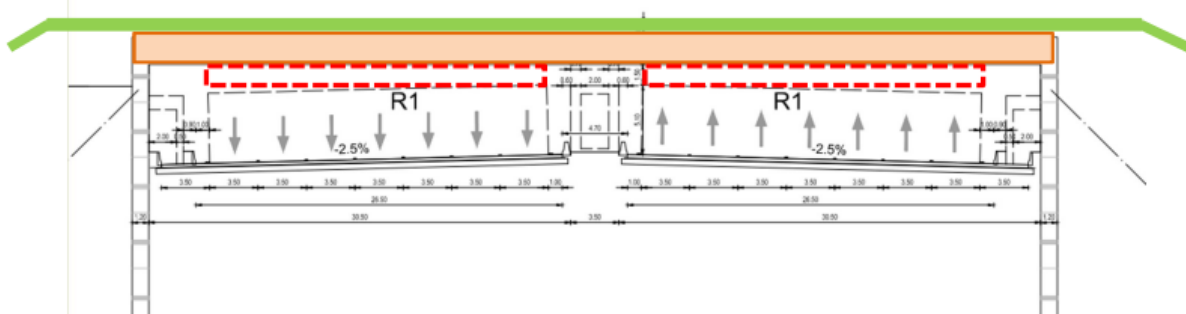
5.2 Fysieke inpassing van de vertunnelde R1 in de omgeving

5.2.1 Dwarsprofiel

In de omgeving van het Lobroekdok bedraagt het PMI (Profiel van Maximale Impact) volgens het conceptontwerp (6+7 rijstroken) 60,30x6,60 m (BxH). Rekening houdende met het voorzien van een bijkomende rijstrook richting noorden, de noodzakelijke vluchtgangen en de bijkomende constructiehoogte voor de dekplaat, zal het PMI vergroten.

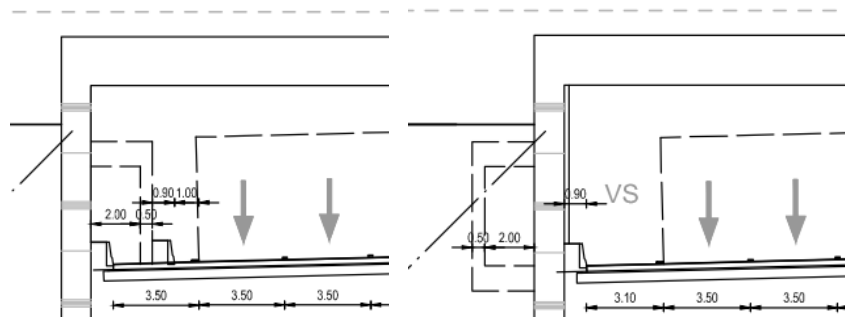
Omdat er, in geval van vertunneling, boven het PVH (Profiel van Vrije Hoogte) een ruimtereservering noodzakelijk is voor verkeerstechnische en tunnel technische installaties - VTTI (1,50 m) zal de totale

constructiehoogte van de R1 vergroten. Daarnaast is er een bijkomende constructiehoogte noodzakelijk ten behoeve van het realiseren van het tunneldak (voorlopig 2,00 m aangenomen als maximum, zie ook hoofdstuk 4). Tenslotte zal er ook nog een afdekking of verharding bovenop het tunneldak aangelegd worden (aangenomen maximaal 1,00 m dikte).



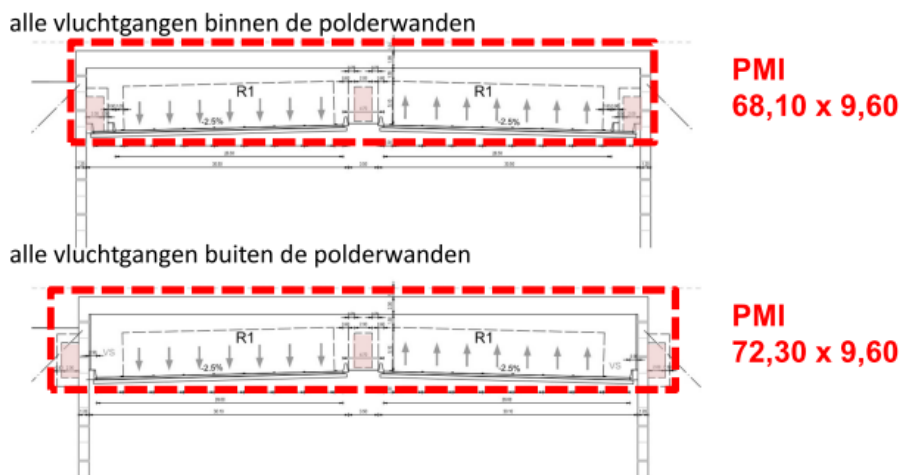
Figuur 6. Principeddoorsnede vertunnelde R1

De breedte van dit PMI is afhankelijk van de wijze van inpassing van de vluchtgangen. Indien de vertunneling in een latere fase uitgevoerd wordt bestaat de mogelijkheid om de vluchtstrook op dat ogenblik om te bouwen tot een vluchtgang. Om dit mogelijk te maken moet de vluchtstrook iets verbreed worden (van 3,10 m naar 3,50 m) ten opzichte van de in het conceptontwerp voorziene breedte. Een andere mogelijkheid is het voorzien van de vluchtgangen aan de buitenzijde van de polderconstructie (minder aangewezen zie hoofdstuk 4.2).



Figuur 7. Mogelijkheden qua inpassing vluchtgangen

Om de breedte van de R1 en de impact zo veel als mogelijk te beperken (en ook omwille van technische en financiële redenen – zie ook hoofdstuk 4.2), wordt er voor geopteerd om waar mogelijk de vluchtgangen op de vluchtstroken te realiseren.

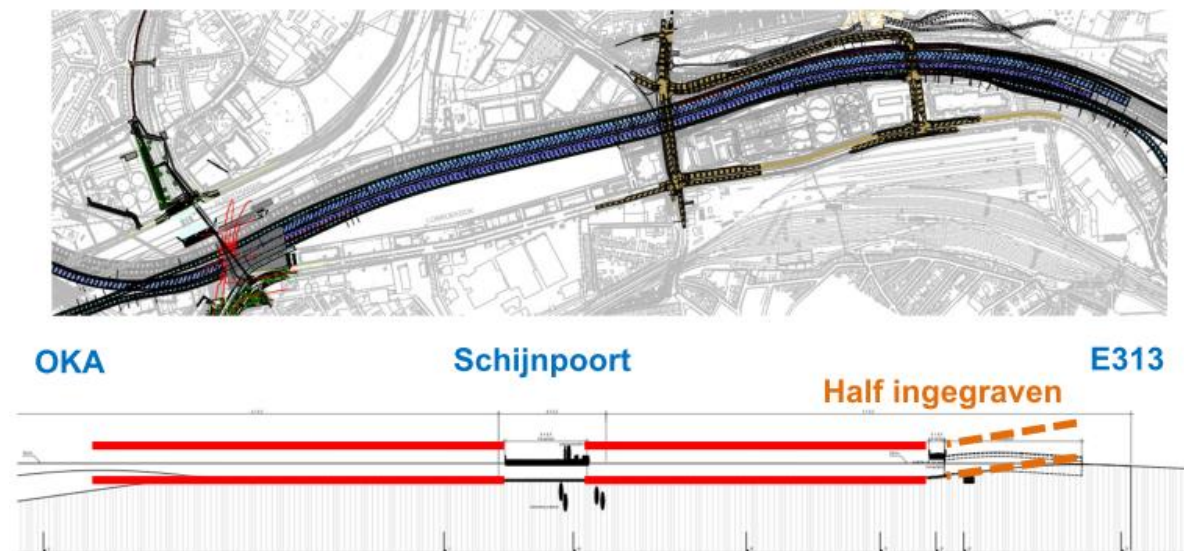


Figuur 8. Principedoorsnede R1 met opgave PMI

5.2.2 Lengteprofiel

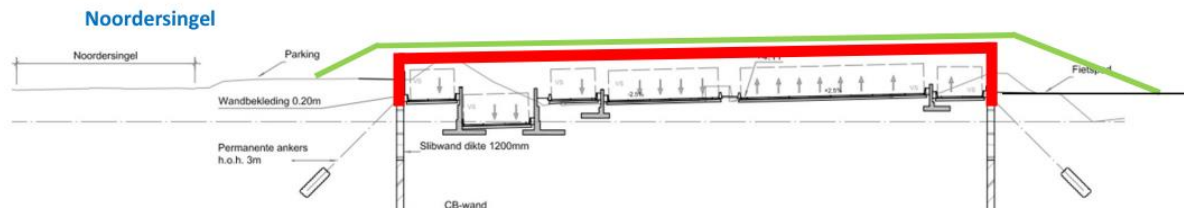
Rekening houdende met de verhoging van de totale constructiehoogte van de R1 tot 9,60 m (5,10 m PVR + 1,50 m VTTI + 2,00 m dak + 1,00 m teelaarde) en de gekende dwangpunten (kruisende premetrokokers en Aquafin collectoren) zal het maaiveld stijgen ten opzichte van de huidige situatie.

In deze zone tussen E313 en OKA wordt het verticaal alignement gekenmerkt door twee aanwezige dwangpunten, zijnde de kruisende premetrokokers en de kruisende Aquafin-collectoren. Hierdoor kan de R1 ter hoogte van en ten zuiden van Schijnpoort maar beperkt dieper aangelegd worden ten opzichte van het conceptontwerp.



Figuur 9. Situatie en indicatief lengteprofiel tussen E313 en OKA

Het vertunnelen van de R1 is dus over de volledige lengte mogelijk, maar zal ten zuiden van de brug van het ASC Schijnvalleipark eerder een half ingegraven constructie zijn, die wel landschappelijk kan ingepast worden.



Figuur 10. Indicatieve snede ter hoogte van parking Noordersingel vvv

Ter hoogte van de parking Noordersingel is in de huidige situatie ook reeds het wegverkeer en de aanwezig portiek zichtbaar, waardoor duidelijk wordt dat de huidige R1 op deze locatie nagenoeg niet meer ingegraven is aangelegd. De scope van OWV eindigt in deze omgeving zodat een eventueel verlaging van de R1 hier ook een scope uitbreiding zou betekenen.



Figuur 11. Zicht op R1 ter hoogte van parking Noordersingel

Zonder aanpassing van het lengteprofiel zoals uitgewerkt in Conceptontwerp zal deze stijging tussen OKA en de brug van het aansluitingscomplex Schijnvalleipark ca. 2,50/3,00 m bedragen. Ter hoogte van de Schijnpoortweg zal de verhoging van de rijweg beperkt moeten worden omwille van de aansluiting van de aangelanden en de minimaal toe te passen topboog voor de rijweg en de trambedding. Onderzoek van het lengteprofiel van de Schijnpoortweg leert dat dit lengteprofiel zonder ingrijpende maatregelen naar de omgeving tot ca. 1,50 m kan stijgen. Daartoe dient enkel lokaal een keerconstructie voorzien worden ter hoogte van de hoek van het voormalig Chinees restaurant. Mits het plaatselijk verminderen van de hoogtereservering voor de VTTI van de R1 is het

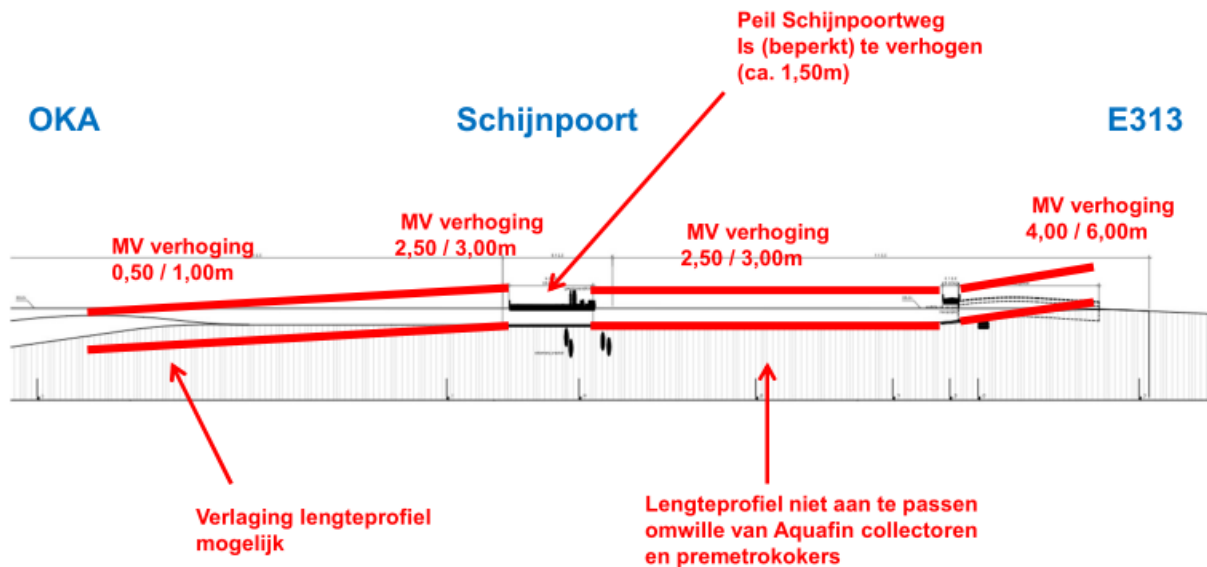
aldus net haalbaar om de vertunnelde R1 tussen de metrokokers en de verhoogde Schijnpoortweg in te passen. vvv



Figuur 12. Situatie Schijnpoortweg na aanpassing lengteprofiel

Indien het lengteprofiel van de R1 zoals uitgewerkt in Conceptontwerp wel wordt aangepast, kan de verhoging in de zone ten noorden van de Schijnpoortweg sterk beperkt worden. Ten noorden van het Lobroekdok en de omgeving OKA kan, rekening houdend met de randvoorwaarden vanuit wegontwerp, deze verhoging dan beperkt worden tot ca. 0,50/1,00 m. De impact van deze verdieping op de technische (en financiële) aspecten van het ontwerp van de R1 dienen nog verder onderzocht te worden, doch lijken niet onoverkomelijk. Gezien het steeds bestaande dwangpunt van de premetrokokers ter hoogte van Schijnpoortweg zal de R1 geleidelijk stijgen van de noordelijke kant van het Lobroekdok tot aan de premetrokokers, waarbij ook de verhoging van het maaiveld dan geleidelijk zal oplopen van ca. 0,50/1,00 m tot ca. 2,50/3,00 m.

Ten zuiden van brug van het aansluitingscomplex Schijnvalleipark zal de stijging van het maaiveld in de buurt van 4,00/6,00 m gelegen zijn. Dit lijkt een grote verhoging maar dit dient genuanceerd te worden gezien het bestaande terrein in deze zone reeds gekenmerkt is door relatief grote niveaunderschillen. Zo bestaat er tussen de oostelijke en de westelijke kant van de R1 een niveaunderschil van ca. 2 à 3 m en liggen er meerdere bermen en glooiingen in het landschap. Deze verhoging van het maaiveld lijkt dan ook perfect ruimtelijk inpasbaar (o.a. in het door de Stad gewenste bermenlandschap).



Figuur 13. Indicatief lengteprofiel tussen E313 en OKA

5.2.3 GRUP grens

Een absolute randvoorwaarde bestaat er in dat de R1 steeds binnen de gekende en vastgelegde GRUP grenzen moet gelegen zijn. In het kader van deze quick-scan werd deze inpassing gecontroleerd, rekening houdend met de bijkomende rijstrook tussen Schijnpoortweg en OKA, de inpassing van de vluchtgangen en de noodzakelijke verbreding van de totale breedte van de R1 (PMI). Uit deze controle blijkt dat de DODO en vertunnelde R1 binnen de GRUP grenzen gebouwd kan worden.

5.2.4 Ruimtelijke inpassing

De uitwerking van een mogelijke ruimtelijke inpassing van een DODO of vertunneling maakt geen deel uit van deze quick-scan, die een meer (veiligheids)technische studie betreft in aanvulling op de eerdere overkappingsstudie van de Stad Antwerpen.

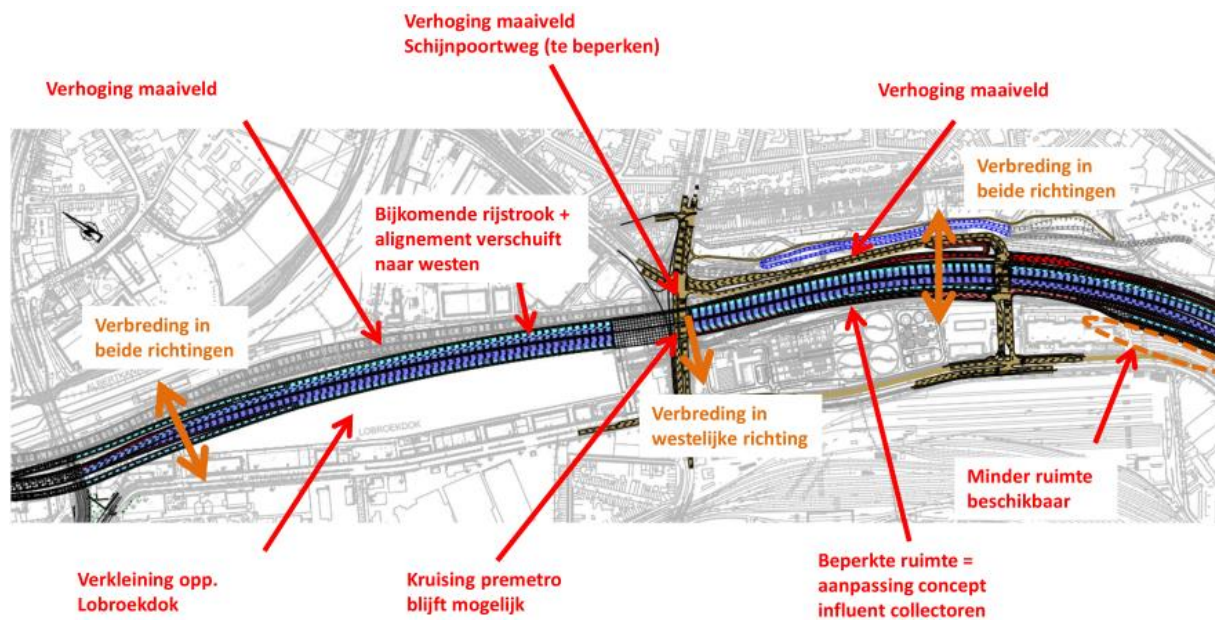
Ter titel van inlichting wordt aangegeven dat extractie-ventilatoren in zeer veel tunnels worden toegepast en dat dit 'common practice' is, ook in stedelijke omgeving. Er zijn tal van voorbeelden van stedelijke tunnels zoals in Madrid en Londen waar deze extractie-ventilatoren zijn toegepast en ruimtelijk ingepast, zoals te zien in onderstaande voorbeelden.



Figuur 14. Voorbeelden inpassing extractie ventilatoren te Madrid en Londen

5.3 Impact op de omgeving

Omwille van de gewijzigde maatvoering van de R1 wijzigt ook de impact op de omgeving. In deze quick-scan werden de belangrijkste wijzigingen in kaart gebracht en hierna schematisch weergegeven.



Figuur 15. Aanduiding belangrijkste impact op omgeving R1

Horizontaal alignement

Omwille van de kruising van de premetrokokers kan de verbreding van de R1 ter hoogte van Schijnpoortweg enkel naar het westen (kant RWZI) gerealiseerd worden. Immer zijn de kruisende premetrokokers richting premetrostation Sport in een stijgend lengteprofiel aangelegd en wordt bij een verdere verschuiving van het alignement van de R1 naar de oostelijke richting de dekking tussen verdiepte R1 en premetrokokers ontoelaatbaar klein. Ter hoogte van Schijnpoort ontstaat er dus een groter ruimtegebruik aan de westzijde (zijde RWZI).

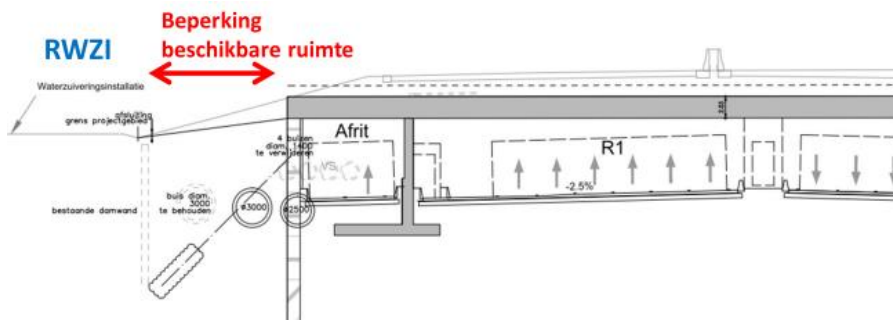
Vanuit dit dwangpunt in grondplan wordt in beide richtingen (richting OKA en richting E313) zo snel als mogelijk aangesloten op het oorspronkelijke alignement van het conceptontwerp.

Lobroekdok

De verbreding van de R1 alsook het verschuiven van het alignement in westelijke richting (dwangpunt premetrokokers) resulteren in een beperkte verkleining van de oppervlakte van het Lobroekdok.

Verplaatsing Aquafin-collectoren ter hoogte van RWZI Deurne

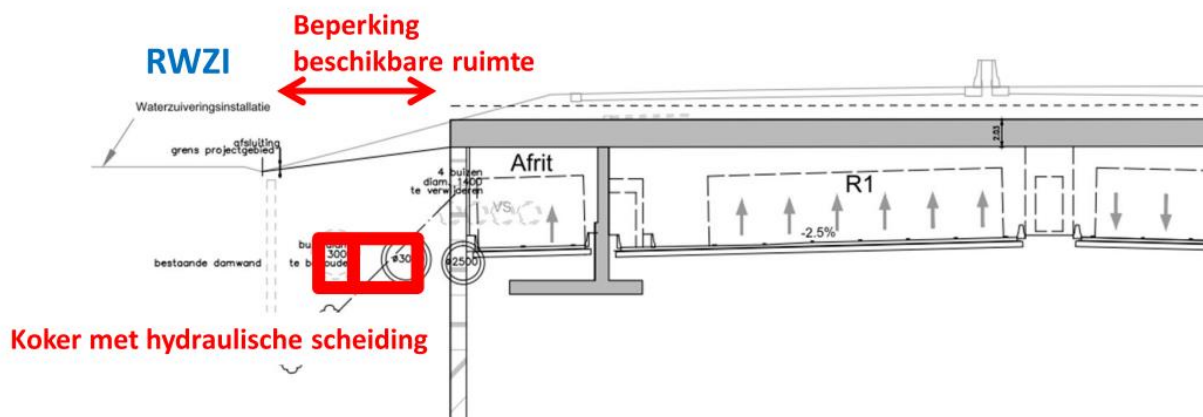
Ten behoeve van de realisatie van de verdiepte R1 is een aanpassing van de toevoercollectoren noodzakelijk. Een oplossing werd reeds uitgewerkt in Conceptontwerp. Hiertoe moeten er tussen de waterdichte kuip van het RWZI en de verdiepte R1 twee nieuwe collectoren (\varnothing 3.000 en \varnothing 2.500 mm) aangelegd worden. De verbreding van de R1 en het verschuiven van het alignement in westelijke richting resulteren in een beperking van de beschikbare ruimte tot ca. 10 m.



Figuur 16. Nieuwe situatie en beschikbare ruimte tussen R1 en waterdichte kuip RWZI

De beschikbare ruimte zal in de vervolgfase zoveel als mogelijk gemaximaliseerd worden, maar uit deze quick-scan blijkt dat de voorziene uitvoeringsmethode (behoud bestaande collector en aanleg twee nieuwe collectorbuizen) naar alle waarschijnlijkheid aangepast zal moeten worden.

Rekening houdende met de beperktere beschikbare ruimte zal de meest waarschijnlijke oplossing er in bestaan om een koker, met tussenwand te realiseren. De mogelijke alternatieve oplossingen zullen in de vervolgfase verder onderzocht en uitgewerkt worden.



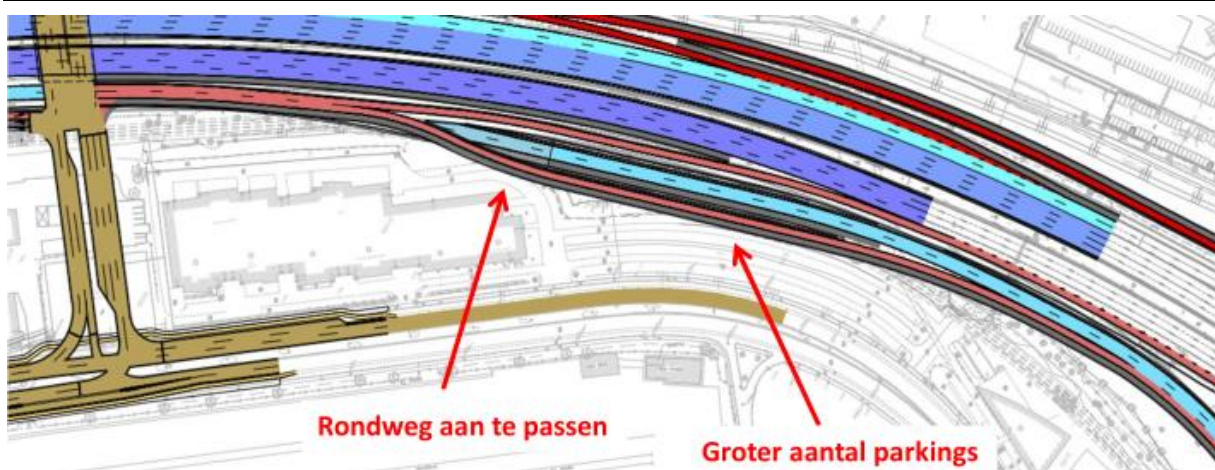
Figuur 17. Principe oplossing t.g.v. beperking beschikbare ruimte tussen R1 en waterdichte kuip RWZI

Omgeving Ten Eekhave/Groot Schijn

De verbreding van de R1 zal op deze locatie zoveel als mogelijk aan beide zijden van de R1 verdeeld worden om de voorziene collectorwerken ter hoogte van het RWZI te kunnen uitvoeren (zie hierboven). Hierdoor zal dus ook de verbindingsweg wat verschuiven zodat de inpassing van het Groot Schijn, Pompstation Groot Schijn, ringfietspad en de landschappelijke inpassing beperkt zal wijzigen. De juiste omvang zal in de vervolgfase uitgewerkt worden.

Innames - Bedrijven zijde Noordersingel

De verbreding van de R1 zal impact hebben op de innames ter hoogte van de bedrijven langs de Noordersingel. Naast een groter te verwerven oppervlakte, waardoor er meer parkeerplaatsen zullen moeten verdwijnen, zal ook een ringweg verlegd moeten worden tot (bijna) tegen het gebouw. De juiste omvang zal in de vervolgfase uitgewerkt worden.



Figuur 18. Aanduiding vergroting impact bedrijven

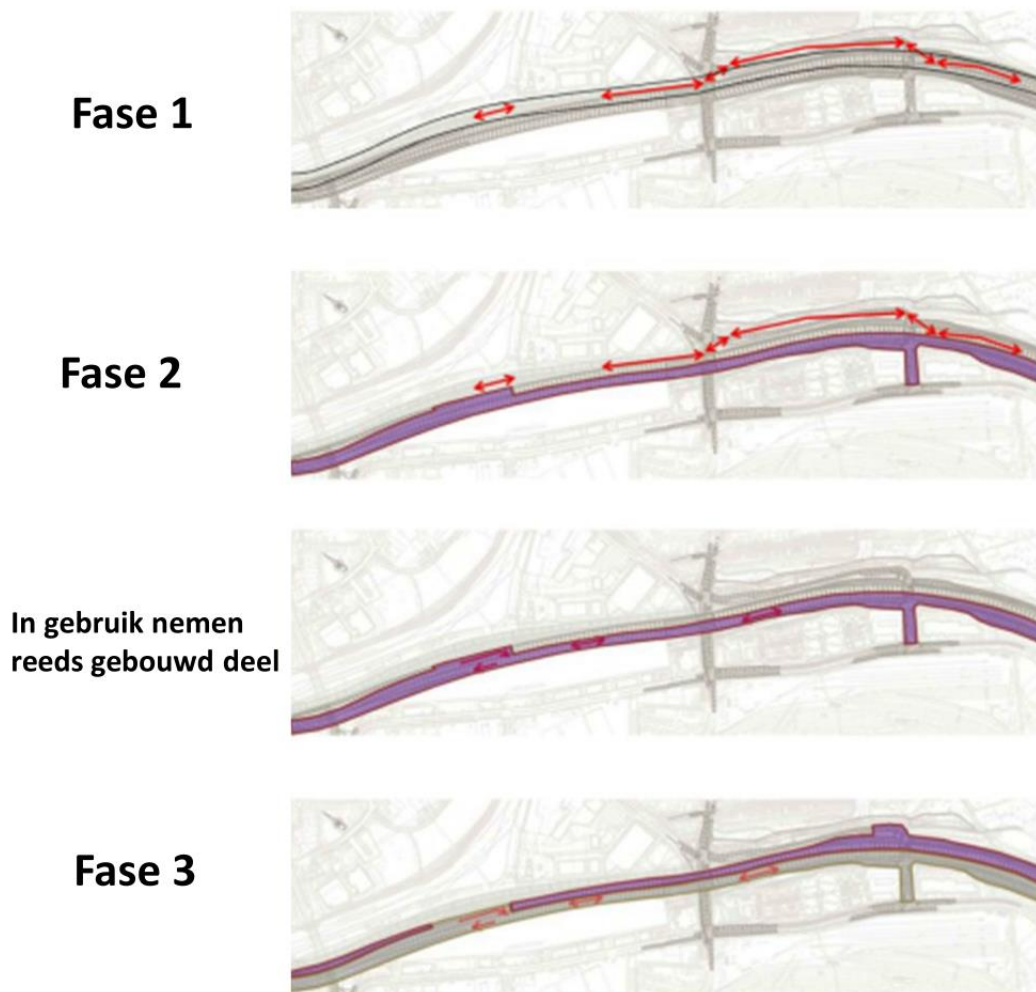
5.4 Impact op de fasering der werken

5.4.1 Voorziene fasering CO

De realisatie van de open verdiepte R1, zoals uitgewerkt in het conceptontwerp, is opgedeeld volgens volgende hoofdfases:

- Creëren van ruimte naast de in dienst zijnde R1 en realisatie van een tijdelijke R1 en werfwegen).
- Bouwen van het westelijke deel van de verdiepte R1 met behoud van het viaduct van Merksem.
- In gebruik nemen van het reeds gebouwde westelijke deel voor de twee rijrichtingen.
- Afbraak van het viaduct van Merksem en bouwen van het oostelijk deel van de verdiepte R1.

Deze fasering gaat uit van het creëren van lange stabiele verkeerssituaties waarbij er steeds minimaal 2x4 rijstroken gegarandeerd worden voor het doorgaande verkeer.



Figuur 19. Schematische weergave principe fasering der werken R1 in conceptontwerp

5.4.2 Fasering rekening houdende met vertunneling R1

5.4.2.1 Fasering verdiepte open R1 met niet-hypothekeren DODO of vertunneling

De in het conceptontwerp uitgewerkte principes kunnen aangehouden worden, mits er rekening gehouden wordt met de gewijzigde maatvoering (PMI) en alle noodzakelijke elementen om de toekomstige realisatie van een DODO of vertunneling niet te hypothekeren. Ook hier wordt er rekening gehouden met het creëren van lange stabiele verkeerssituaties waarbij er steeds minimaal 2x4 rijstroken gegarandeerd worden voor het doorgaande verkeer.

5.4.2.2 Fasering indien onmiddellijke realisatie DODO of vertunneling

Ook indien de R1 onmiddellijk als DODO of vertunneling wordt gebouwd kunnen de hoofdprincipes van de oorspronkelijk, in het conceptontwerp van de verdiepte R1, gehanteerde fasering toegepast worden.

Aangezien onmiddellijk tunnels worden gebouwd moet er rekening gehouden worden met volgende aspecten:

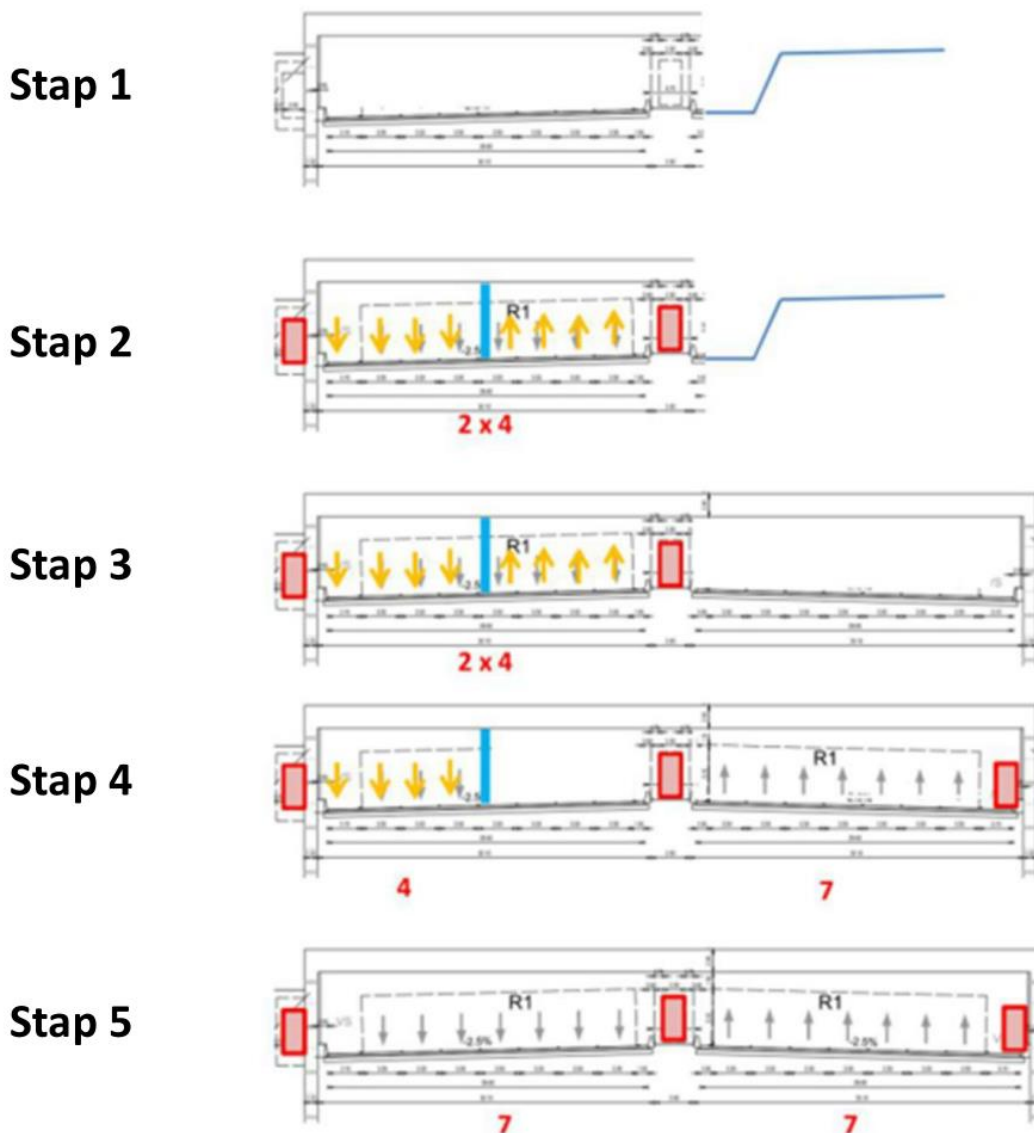
- Vanaf het moment dat er verkeer door de tunnels zal rijden, ook als dit in een tijdelijke of werfsituatie is, dienen deze tunnels een voldoende hoog veiligheidsniveau te hebben. Deze tunnels dienen dan ook onmiddellijk voorzien te worden van alle noodzakelijke tunneltechnische installaties VTTI, enz. alvorens (zelfs tijdelijk) in gebruik te nemen.
- Omdat het eerst aangelegde, westelijke deel van de R1, omwille van het faseringsconcept, tijdelijk verkeer in beide richtingen te verwerken zal krijgen, dienen in deze tunnel, voor de tunnelveiligheid, twee gescheiden tunnelkokers ingericht te worden (afzonderlijke kokers per rijrichting – lucht/rookdicht en brandwerend gescheiden). Hierbij moeten de vluchtgangen reeds aanwezig zijn, zij het dat er in deze situatie maar één vluchtgang per rijrichting aanwezig kan zijn (geen middentunnelkanaal mogelijk). Dit is evenwel geen probleem aangezien het aantal rijstroken in deze situatie beperkt is tot vier.

Deze ‘tijdelijk gescheiden tunnelkokers’ moeten beide voorzien zijn van verkeers- en tunneltechnische installaties. Deze installaties moeten ook de geijkte procedures doorlopen van testen en ingebruikname, hetgeen een belangrijke impact heeft op de bouwtijd.

- Nadat de oostelijke tunnel van de R1 gebouwd en in gebruik genomen is, moeten de tijdelijke inrichtingen (veiligheidsstootbanden, scheidende middenwand, verkeerssignalisatie, ...) weggenomen worden en de tunneltechnische installaties in tegenrichting uitgeschakeld of weggenomen worden.
- Gezien de noodzakelijk vereiste breedte ter realisatie van gescheiden tunnelkokers zullen de vluchtkokers aan de westelijke kant aan de buitenzijde van de polderconstructie voorzien moeten worden omdat de beschikbare breedte (7 rijstroken + vluchtstrook), volledig gebruikt wordt ter inrichting van 2x4 tijdelijke rijstroken. Een andere mogelijkheid is het verbreden van de verdiepte R1, zodat de vluchtgang aan de binnenzijde kan gerealiseerd worden, maar dat zal de overspanning van het dak vergroten, dus ook de constructiehoogte van dit dak. In deze kan opgemerkt worden dat het onmiddellijk realiseren van de vluchtgang aan de buitenzijde van de sliwbwand eenvoudiger kan gerealiseerd worden dan achteraf (zoals beschreven onder 4.2).

Rekening houdende met bovenvermelde aspecten worden hierna de principes van de fasering toegelicht voor de zone tussen Schijnpoortweg en OKA. Ten zuiden van Schijnpoortweg blijven de principes dezelfde maar kan de configuratie of het aantal rijstroken wijzigen omdat de situatie daar afwijkt omwille van de aanwezigheid van op- en afritten:

- Stap 1: bouwen van de westelijke koker inclusief vluchtkokers; het verkeer blijft rijden op de tijdelijke weg en het viaduct van Merksem.
- Stap 2: inrichten gebouwde koker tot twee gescheiden tunnelkokers met 2x4 rijstroken.
- Stap 3: in gebruik nemen tijdelijke gescheiden tunnelkokers westzijde. Afbraak viaduct van Merksem. Bouwen oostelijke tunnelkoker en inrichten voor tunnel met 7 rijstroken.
- Stap 4: in gebruik nemen van oostelijke tunnelkoker met 7 rijstroken. In westelijke tunnel wegnemen/uitschakelen tunneltechnische installaties en wegnemen scheidingswand en signalisatie.
- Stap 5: in gebruik nemen van westelijke tunnel met 7 rijstroken. De R1 is nu definitief in gebruik als 2x7 rijstroken.



Figuur 20. Volgorde en principe van realisatie onmiddellijke realisatie DODO of vertunneling

5.4.2.3 Fasering indien latere realisatie DODO of vertunneling

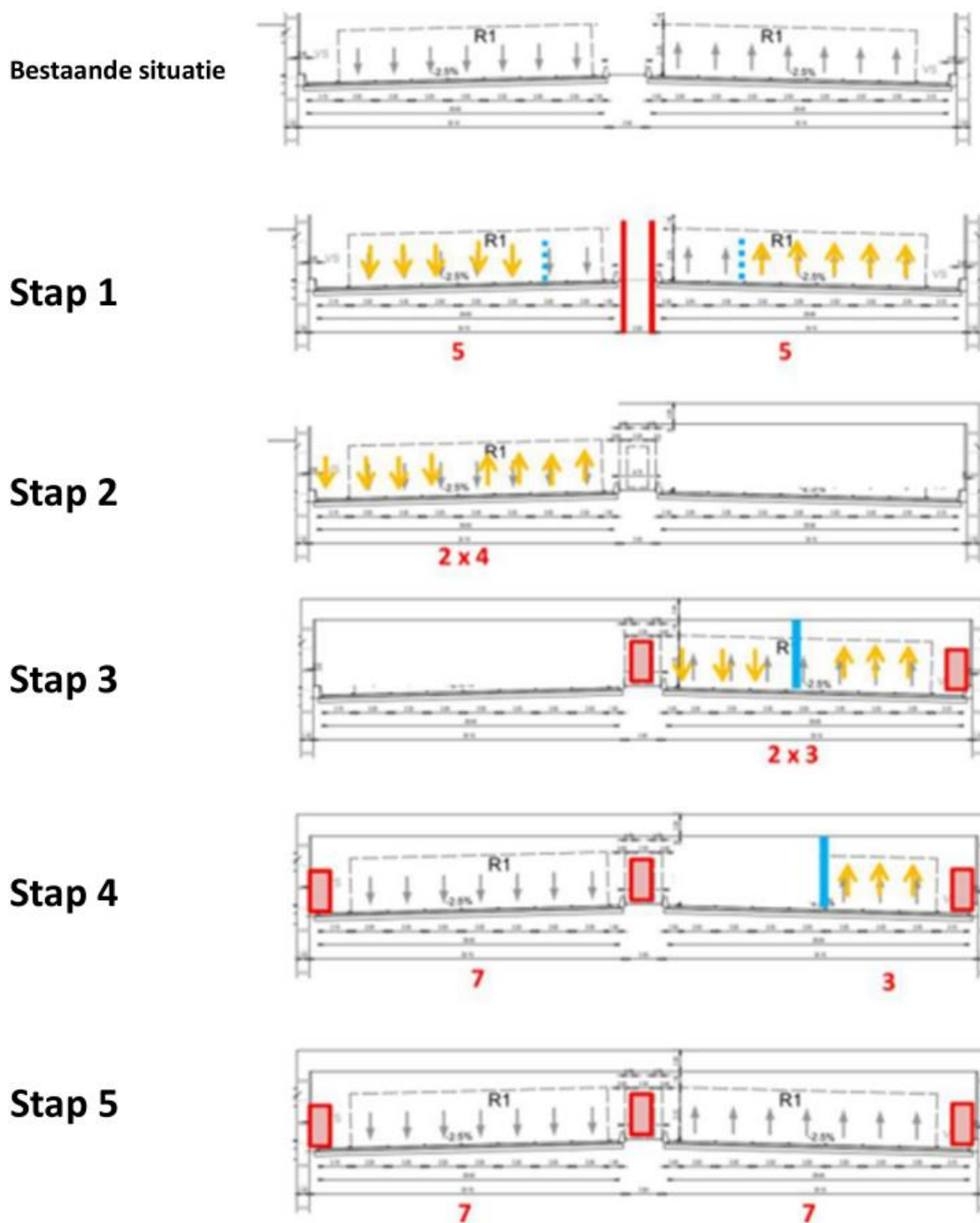
In dit scenario van later (gedeeltelijk) vertunneling van de verdiepte R1 moet er rekening gehouden worden met volgende aspecten:

- De verdiepte R1 dient zodanig gerealiseerd te zijn dat een latere vertunneling niet onmogelijk wordt gemaakt (o.a. noodzakelijke ruimtereserveringen voor vluchtgangen,...).
- Het bouwen van het dak kan omwille van veiligheidsredenen niet boven een in dienst zijnde snelweg.
- Er wordt voorlopig uitgegaan dat de wanden van het middentunnelkanaal nog niet gebouwd zijn en dus ook nog gerealiseerd moeten worden bij de latere ombouw.
- Alle aspecten zoals vermeld onder 5.4.2.2 'Fasering indien onmiddellijke realisatie DODO of vertunneling' zijn ook in geval van een latere realisatie van DODO of vertunneling van toepassing.

Hierbij dient wel de bedenking gemaakt te worden, dat er op dat ogenblik een alternatieve snelwegverbinding beschikbaar is (de Oosterweelverbinding), waardoor het eventueel mogelijk is om de capaciteit op de R1 te beperken (tot bv. 2x3 rijstroken).

Rekening houdende met bovenvermelde aspecten worden hierna de principes van de fasering toegelicht voor de zone tussen Schijnpoortweg en OKA. Ten zuiden van Schijnpoortweg blijven de principes dezelfde maar kan de configuratie of het aantal rijstroken wijzigen omdat de situatie daar afwijkt omwille van de aanwezigheid van op- en afritten:

- Bestaande situatie: in dienst zijnde open verdiepte R1 (niet-gehypothekeerd uitgevoerd).
- Stap 1: bouwen van tussenwanden en middentunnelkanaal als vluchtgang. Hiertoe moeten de twee meest linkse rijstroken in beide richtingen ingenomen worden tijdens deze werken (opstelling materieel en materiaal, veiligheidsaspecten). De capaciteit van de R1 wordt dus in deze situatie teruggebracht tot 2x5 rijstroken.
- Stap 2: inrichten westelijk deel van de verdiepte open R1 voor 2x4 (of 2x3) rijstroken. Vervolgens bouwen van dak op het oostelijk deel.
- Stap 3: Inrichten van deze gerealiseerde, oostelijke tunnel tot twee gescheiden tunnelkokers met 2x3 rijstroken (inclusief alle voorzieningen). Vervolgens bouwen van dak op westelijke tunnel en inrichten voor 7 rijstroken (definitieve toestand).
- Stap 4: in gebruik nemen van westelijke tunnel. In oostelijke tunnel wegnemen/uitschakelen tunnel technische installatie en wegnemen scheidingswand en signalisatie.
- Stap 5: in gebruik nemen van oostelijke tunnel volgens definitieve toestand. De R1 is nu definitief in gebruik als 2x7 rijstroken.



Figuur 21. Volgorde en principe van latere realisatie DODO of vertunnelling

5.5 Impact op de uitvoeringstermijn

5.5.1.1 Uitvoeringstermijn verdiepte open R1 en niet-hypothekeren DODO of vertunnelling

De uitvoeringstermijn voor het totale project OWV werd in het CO ingeschat op ca. 5,5 jaar. Aangezien het 'niet-hypothekeren van toekomstige vertunnelling' enkel bestaat uit het breder bouwen van de R1 (ten behoeve van vluchtgangen en noodzakelijke bijkomende rijstrook) en het

voorzien van bijkomende wapening in de wanden is er nagenoeg geen impact op de uitvoeringstermijn. De uitvoeringstermijn wordt dus ongeveer gelijk verondersteld, namelijk ca. 5,5 jaar.

5.5.1.2 Uitvoeringstermijn indien onmiddellijke realisatie DODO of vertunneling

Bij de onmiddellijke uitvoering van DODO of vertunneling is er extra tijd benodigd om het dak en de tunneltechnische installaties te bouwen. Bijkomend is er een uitgebreid en tijdsrovend proces nodig voor het testen van deze VTTI alvorens de tunnels in gebruik kunnen worden genomen. Een ruwe inschatting van de termijnsverlenging voor de deelzone R1 omwille van het onmiddellijk realiseren van tunnels bedraagt ca. 2-3 jaar.

Deze schatting voor de termijnsverlenging geldt enkel voor de werken voor de realisatie van de R1. Voor de volledige bouw van Oosterweelverbinding Rechteroever is er in de conceptontwerpfase een geïntegreerde planning opgemaakt waarbij de realisatie van de R1 niet op het kritische pad lag en dus de R1 niet bepalend is voor de totale invoeringstermijn. Het is dus waarschijnlijk dat de geschatte termijnsverlenging voor de globale uitvoeringstermijn van Oosterweelverbinding Rechteroever beperkter zal zijn (ca. 1-2 jaar).

5.5.1.3 uitvoeringstermijn van latere realisatie DODO of vertunneling

Het eerst bouwen van een open verdiepte R1 en later ombouwen naar DODO of tunnel leidt uiteraard naar een langere totale bouwtijd (en hinder) dan bij onmiddellijke uitvoering.

De werken tot ombouw van de open verdiepte R1 naar DODO of tunnel worden ruw ingeschat op 5 jaar (waarbij het grootste deel van de uitvoeringstermijn noodzakelijk is voor de installatie en het testen van de VTTI), waardoor de totale uitvoeringstermijn $5,5+5 = 10,5$ jaar zou bedragen.

6 Inschatting kostprijs

Rekening houdend met de kennis en conclusies volgend uit deze quick-scan en de opgemaakte principeplannen, werden hoeveelheden geraamd en op basis daarvan een inschatting van de kostprijs opgemaakt. Hiertoe werden de ‘aanvullende/bijkomende’ hoeveelheden en kosten ten opzichte van het conceptontwerp bepaald. Bij deze inschatting van de kostprijs werd hetzelfde prijsniveau en dezelfde ophoogfactoren toegepast als toegepast bij het conceptontwerp. Deze inschatting werd enkel gemaakt voor het deel tussen OKA en E313.

De additionele kosten ten opzichte van de open verdiepte R1 worden als volgt ingeschat (foutenmarge van +/- 20 %):

Varianten uitvoering ³	Opmerkingen	DODO Investerings kosten [mio]	Volledige vertunneling Investeringskosten [mio]
In-situ direct	(wandendak)	340	410
Prefab-direct	(versnelling bouw mogelijk)	365	435
Prefab dak nadien ¹	(ook mogelijk in-situ bij afsluiten buis)	365+(100) ²	435+(120) ²

• Noot

1. nog exclusief economische impact hinder wegafsluitingen
2. Inschatting extra uitvoeringskosten faseringen middenwanden en dakliggers tijdens ingebruikzijnde R1 inclusief complexe faseringen VTTI
3. Vertunneling deel tussen Groenendaallaan en OKA niet inbegrepen

Figuur 22. Additionele kosten ten opzichte van de open verdiepte R1

Belangrijk is op te merken dat de vertunneling van de R1 tussen OKA en E 313 een relatief ‘goedkope’ vertunneling betreft. Het concept van de verdiepte R1 bestaat immers uit een polderconstructie waardij de grondkerende wanden ook dienst kunnen doen als fundering van de dakplaat. De meerkosten ten gevolge van de vertunneling beperken zich dus in hoofdlijn tot het plaatsen van een dakplaat en installeren van tunnel technische installaties.

Belangrijk is dus op te merken dat deze inschatting van de additionele kosten niet zo maar te extrapoleren is naar andere delen van de R1.

7 Samenvattende conclusies quick-scan

Onderstaande conclusies uit de quick-scan gelden in eerste instantie voor de zone van de R1 zoals specifiek onderzocht, nl. tussen E313 en Groenendaallaan, maar bij uitbreiding op grote lijnen ook voor de rest van de R1 (tenzij expliciet anders vermeld).

7.1 Verkeersveiligheid

- Toekomstige volledige vertunneling R1 vereist aanpassing Wetgeving en interpretatie van de 10-secondenregel (bv. volgens Nederlandse richtlijnen).
- De quick-scan toont aan dat bij verlenging van de OKA naar het zuiden, mits enkele aanpassingen aan het wegontwerp worden doorgevoerd, kan worden voldaan aan de wetgeving. Nadere verkenning naar de verkeersafwikkeling en ontwerpdetailering van de afrit zal hiertoe dienen te worden uitgevoerd, waarbij, zoals wettelijk voorzien, indien noodzakelijk een afwijking van de 10-secondenregel omwille van geografische omstandigheden dient gevraagd te worden.
- Toevoeging zevende rijstrook (zuid naar noord) vereist tussen Schijnpoort en OKA om toekomstige vertunneling niet te hypothekeren.

7.2 Tunnelveiligheid

Kwantitatieve risicoanalyse (groepsrisiconiveau):

- DODO (dicht-open-dicht-open of een opeenvolging van tunnels korter dan 500m en open delen): voldoet bij cat. A (full-ADR, dus incl. LPG) aan veiligheidsnorm (QRA – cfr. Nederlandse Wetgeving) mits maximale veiligheidsvoorzieningen (o.a. Watermiststelsel en Extractieventilatie) wordt voorzien.
- Volledige vertunneling R1: voldoet bij cat. A (LPG) onder de aanname dat watermist en ventilatie gaswolken kunnen uitwassen alsmede afvoeren en daarmee gasexplosies tegengaan (nader onderzoek is noodzakelijk ter bevestiging).

Evacuatieveiligheid

- Enkel middentunnelkanaal volstaat vanuit capaciteit; echter omwille van specifieke omstandigheden uit oogpunt van functionaliteit en de wens van de brandweer worden tevens vluchtgangen aan beide zijden geadviseerd.
- Er wordt geadviseerd om deze zijdelingse vluchtkokers te realiseren ter plaatse van de vluchtstroken (omwille van technische en financiële redenen).

Ventilatieconcepten

- Extractieventilatie in combinatie met langsventilatie bieden veilig concept voor DODO en volledige vertunneling.
- OKA en vertunnelde R1 dienen i.f.v. ventilatie en risiconiveau functioneel ontkoppelde tunnelsystemen te blijven (ofwel opening tussen beide systemen ofwel - onderzoek naar - implementatie ventilatiegebouw tussen OKA en vertunnelde R1).

Explosieveiligheid

- Explosie-impact-simulatie (TNO) geeft in vergelijking tot Eurocode voor LPG-incidenten:
 - Vergelijkbare explosiepiekdrukken: orde 2000 kPa.

- Lagere explosiedrukken op de wanden en tunneldak naar gelang de afstand van het explosiepunt toeneemt.
- Het tunneldak zal waarschijnlijk over een lengte van 30-50 m bezwijken in geval van een LPG explosie.
- De wanden ook na een eventuele explosie overeind door de aanwezigheid van groutankers aan de buitenzijde van de slibwanden.
- Kans op instantane BLEVE's ligt in de orde van één keer per 100.000 jaar voor vertunneling (QRA-model).
- Het is aannemelijk dat middels maximale activering watermiststelsel en extractie-ventilatie de kans op gaswolk detonaties (LPG) kan worden gereduceerd.
- Nader onderzoek is benodigd ten aanzien van effectiviteit van de beheersmaatregelen watermist en ventilatie.

Stabiliteitstechnische aspecten

- DODO en vertunneling zijn technisch realiseerbaar.
- In-situ gestort tunneldak en prefab T-liggers bieden geringste constructiehoogte (ca. 1,30 m).
- Middensteunpunt (in combinatie met middenvluchtkoker) benodigd voor dakconstructie.
- Constructie responsie: expert judgment RoTS o.b.v. resultaten TNO:
 - 'instantane BLEVE' lijkt niet opvangbaar.
 - Gaswolkexplosie (ontsteking) kan mogelijk bij hoge ventilatiesnelheden door verdunning worden voorkomen. Bij ongunstige omstandigheden kan gaswolkexplosie tot bezwijken van dak leiden over lengte van 30-50 m, waarbij wanden wel stabiel blijven.
- > dus maximale voorzieningen om incident te voorkomen (WMS en Extractie-Ventilatie)
- > acceptatie restrisico bezwijken tunneldak over beperkte lengte (ca. 25-50 m).
- Constructie Responsie Analyse nog uit te voeren (buiten scope quick-scan).

Impact en gevolgen

- Realisatie past binnen de gRUP grenzen.
- Het niet hypothekeren van een latere (gedeeltelijke) vertunneling vraagt aanpassingen aan het profiel van maximale impact en dus aan het voorliggende Conceptontwerp.
- Vertunneling R1 vraagt verhoging Schijnpoortweg (ca. 1,5 m) en maaiveld over volledig tracé (tussen 0,50 en 3,00 m tussen Albertkanaal en aansluitingscomplex Schijnvalleipark en ca. 4 à 6 m richting knoop E313). Deze verhogingen zijn ruimtelijk inpasbaar (o.a. in het bermenlandschap).
- Op afdekking R1 kan parkinrichting of lokale wegenstructuur worden voorzien.
- Verbreding vluchtstrook met 40 cm nodig ten behoeve van latere ombouw tot vluchtgang.
- Verlenging bouwtijd bij onmiddellijke realisatie van ca. 2-3 jaar,

Inschatting meerkost t.o.v. OWV voor volledige vertunneling tussen OKA en E313

- Bouwen nadien EUR 465-555 miljoen.
- Bouwen direct EUR 340-435 miljoen.
- Niet onmogelijk maken ter bepaling in afstemming met BAM (afhankelijk van wat reeds gebouwd wordt).

Op te merken valt dat deze kostprijs laag is in vergelijking met andere delen van de R1 aangezien de realisatie van de verdiepte R1 (dus van de wanden, maar ook van alle andere kosten om de ondergrondse constructies te kunnen bouwen reeds deel uitmaakt van de OWV). Deze kostprijs zal voor andere delen van de R1 substantieel hoger zijn.

BIJLAGE I Principeplannen

Er werden drie principeplannen opgemaakt voor de omgeving ten Zuiden van de OKA op basis waarvan de kostprijsindicatie is opgemaakt, zijnde:

- Plan OWR-VO-TEK-1.3-WG-0001-1_1-01-ECO: Open verdiepte R1, waarbij toekomstige vertunneling niet gehypothekeerd wordt.
- Plan OWR-VO-TEK-1.3-WG-0002-1_1-01-ECO: R1 met DODO.
- Plan OWR-VO-TEK-1.3-WG-0003-1_1-01-ECO_OPEN: Vertunnelde R1.