



Derde Scheldekruising te Antwerpen Tunnelveiligheidsbeschouwingen

Studiedag SFPE Benelux Chapter

9 mei 2014

Bert Geukens
nv BAM

www.hoevlothet.nu

Aryan Snel
THV RoTS



1. Introductie project
2. Wet- en regelgeving
3. Aanpak Tunnelveiligheid
4. Oplossing gestapelde tunnels Kanaalzone
5. Oplossing R1-Albertkanaal
6. Eindbeschouwing

1.1. Introductie project

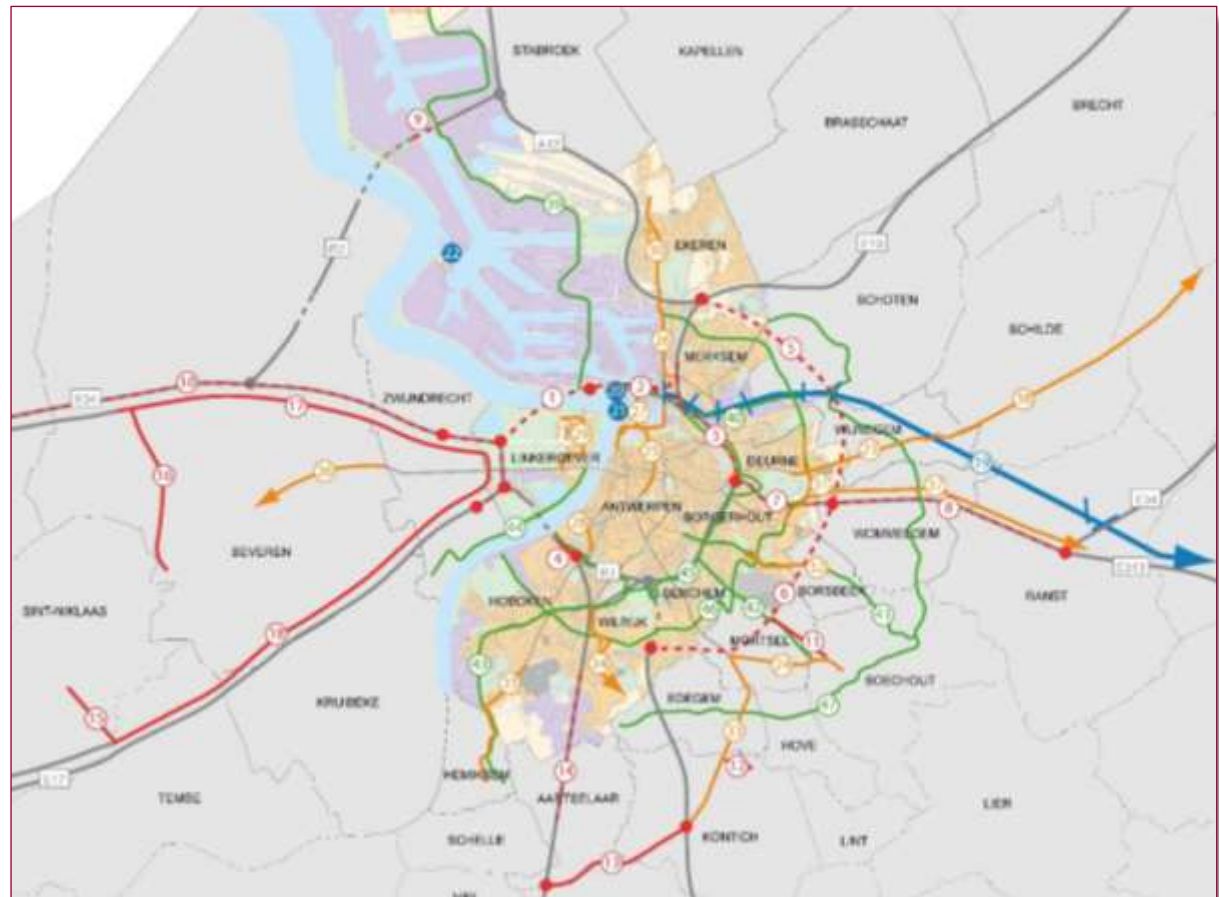
» Onderdeel van Masterplan 2020



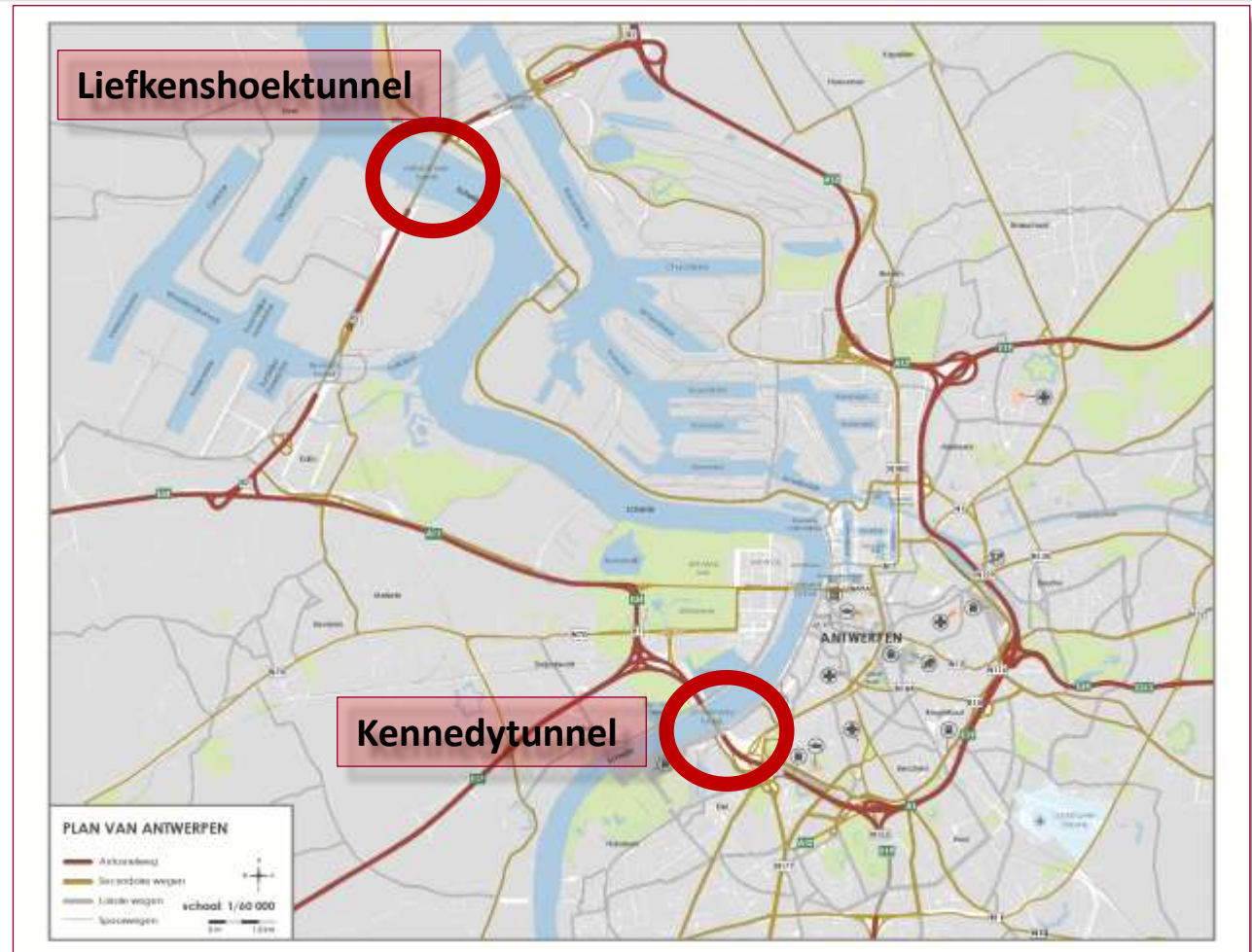
» Doelstellingen 3^e Scheldekruising

- Betere bereikbaarheid van de stad en de haven
- Verhogen van de Schelde-kruisende capaciteit
- Sluipverkeer aanpakken door ontlasten van woongebied en onderliggend wegennet

Masterplan 2020



Bestaande Scheldekruisingen



1.2. Ontwerpgeschiedenis

- » Masterplan Antwerpen 1997
- » Haalbaarheidsstudie Oosterweelverbinding 2000
- » Plan-MER Masterplan Antwerpen 2005
- » Referendum Oosterweelverbinding 2010
- » Masterplan 2020 2010
- » Plan-MER Oosterweel – GRUP wijziging 2011-2014

Tracé studies

» Basis beslissing Vlaamse regering 14/02/2014

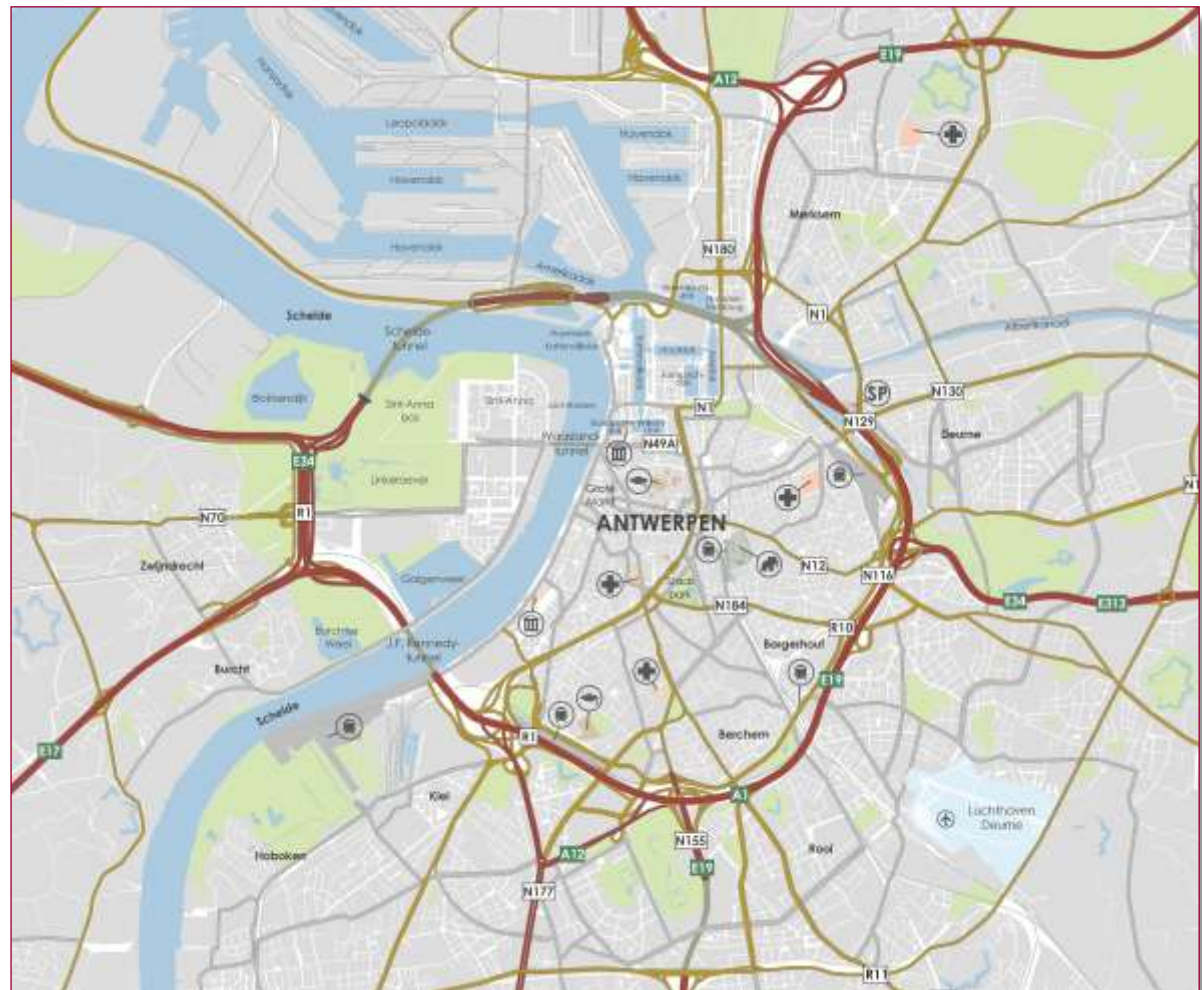
- Plan-MER
- Maatschappelijke Kosten Baten Analyse
- Ruimtelijk Veiligheidsrapport
- Tunnel- en Wegenveiligheid

Tracékeuze

» Beslissing van de Vlaamse Regering van 14/02/2014

- Keuze tracé:
 - » Oosterweelverbinding
- Keuze uitvoeringsvarianten:
 - » Gestapelde Cut & Covertunnels in Albertkanaal
 - » Hollandse aansluiting omgeving Schijnpoortweg
 - » Ring R1 in tunnel onder het Albertkanaal
- Keuze exploitatievariant:
 - » Gedifferentieerde tol

Tracékeuze 3^{de} Scheldekruising

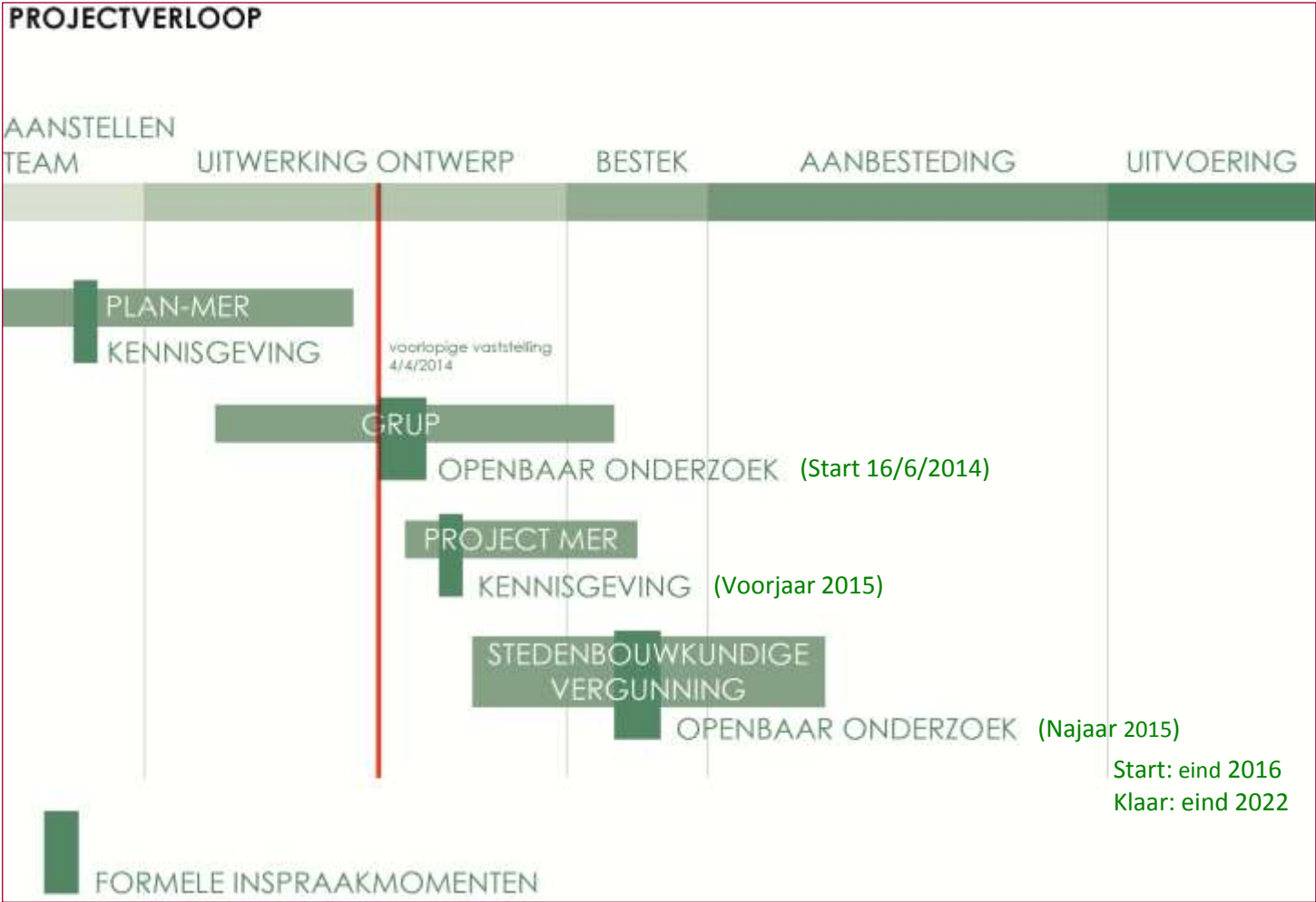


Tracékeuze

» Keuze vanuit veiligheid:

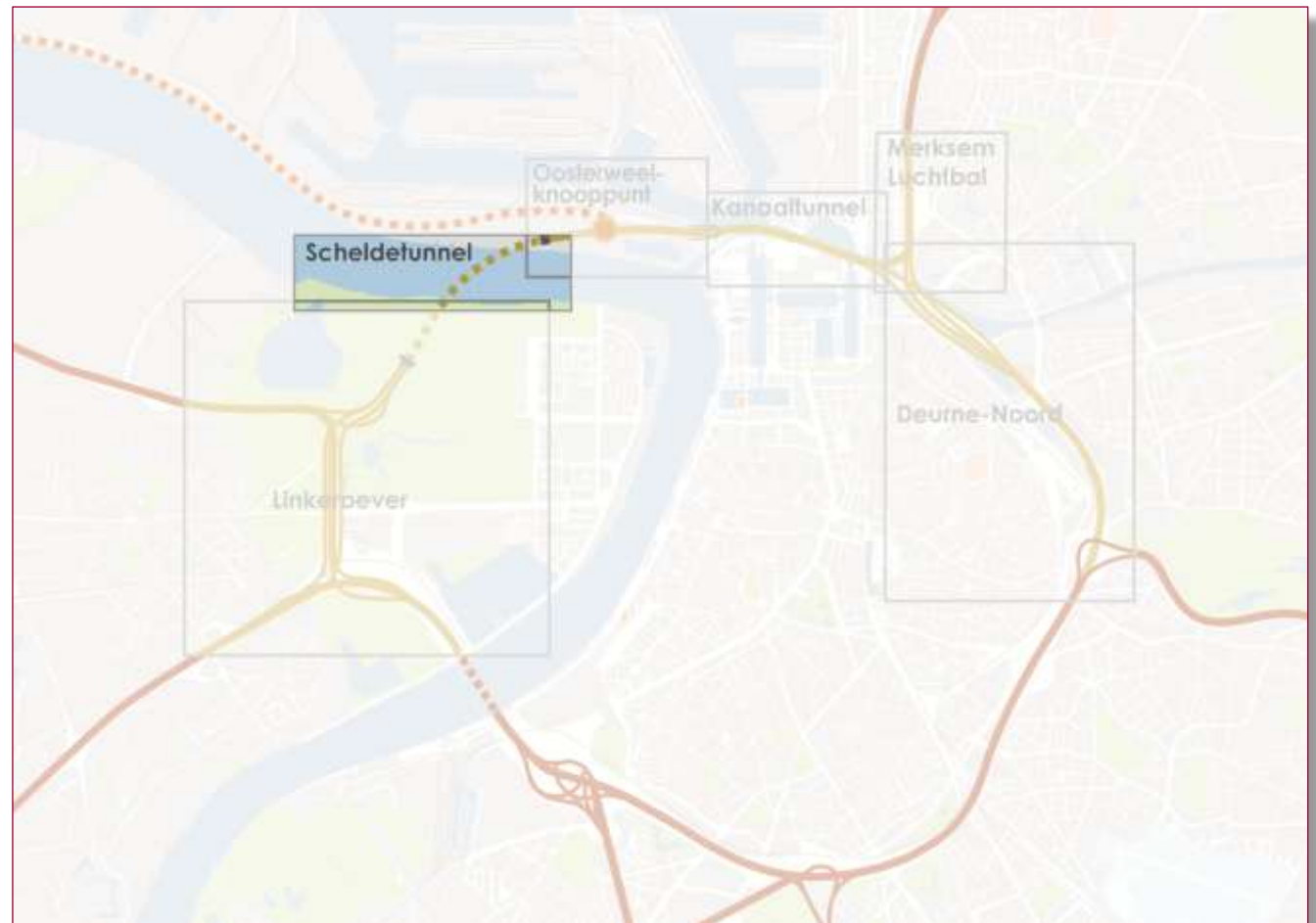
- Oosterweel biedt beste garanties op verkeersveiligheid en verminderen van sluipverkeer
- Oosterweel heeft hoogste graad van tunnelveiligheid
- Geen linkse invoegers meer aan Kennedytunnel
- Parallelweg scheidt lokaal en doorgaand verkeer op Linkerscheldeoever
- Geen impact op risico van ongevallen nabij Seveso-inrichtingen

Timing vervolgstappen



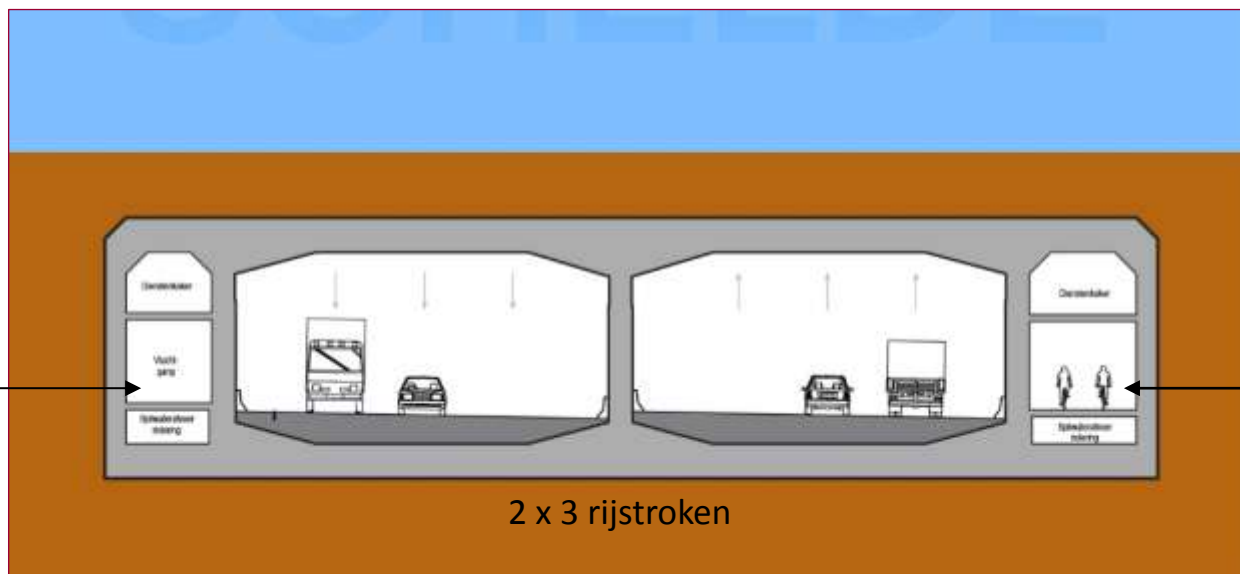
1.3. Beschrijving project





Scheldetunnel

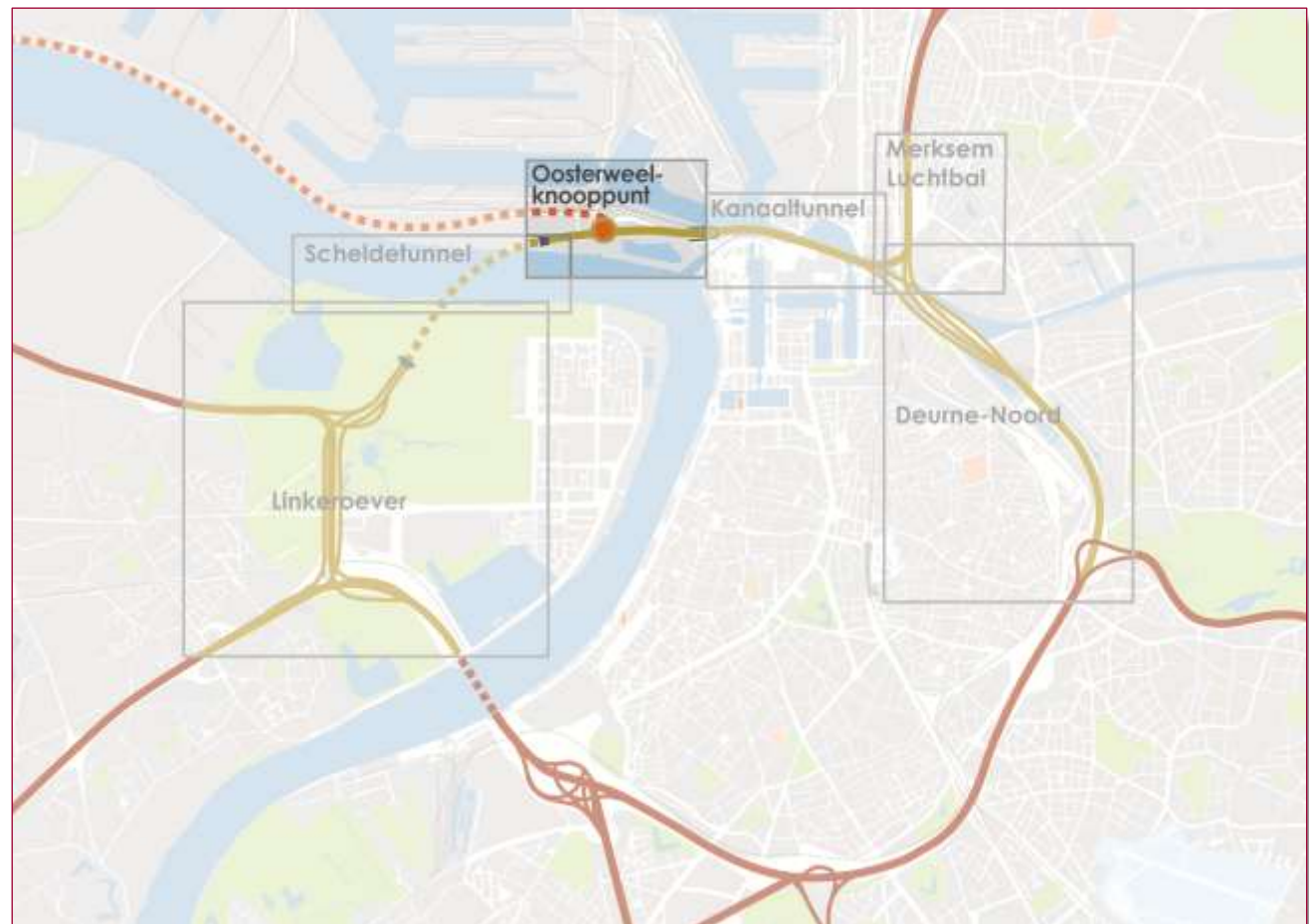
vluchtkoker



vluchtkoker
fietsverbinding

2 x 3 rijstroken





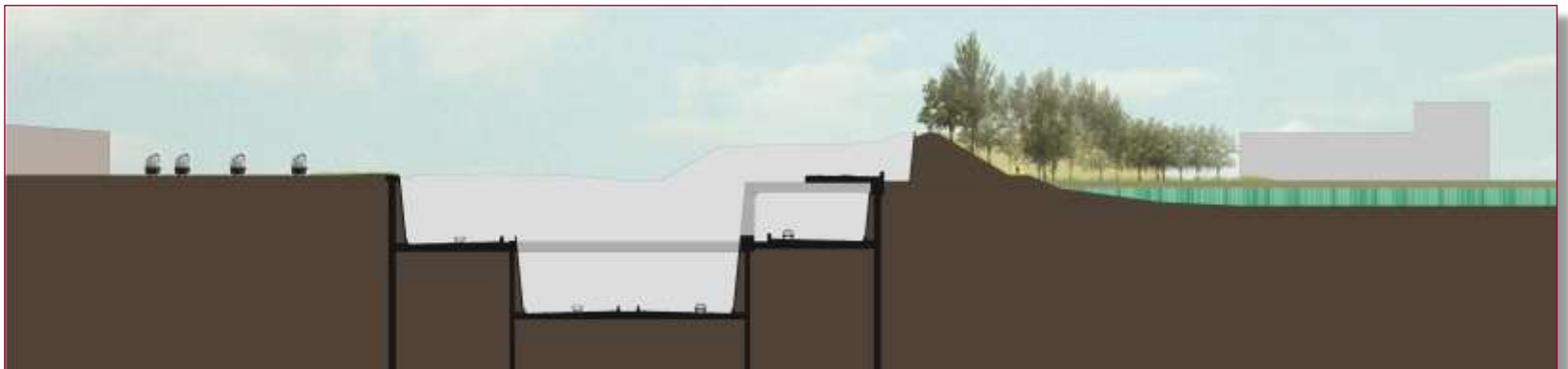
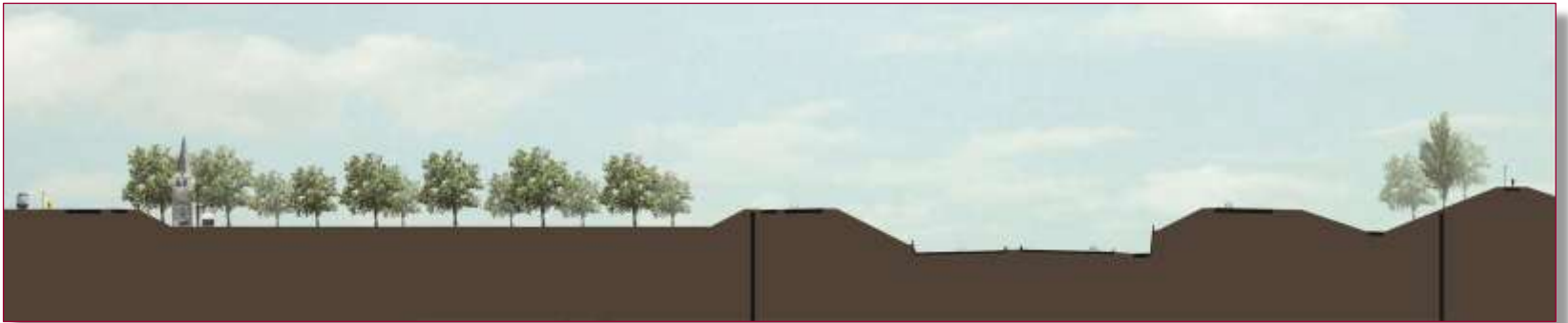
Oosterweel Knooppunt

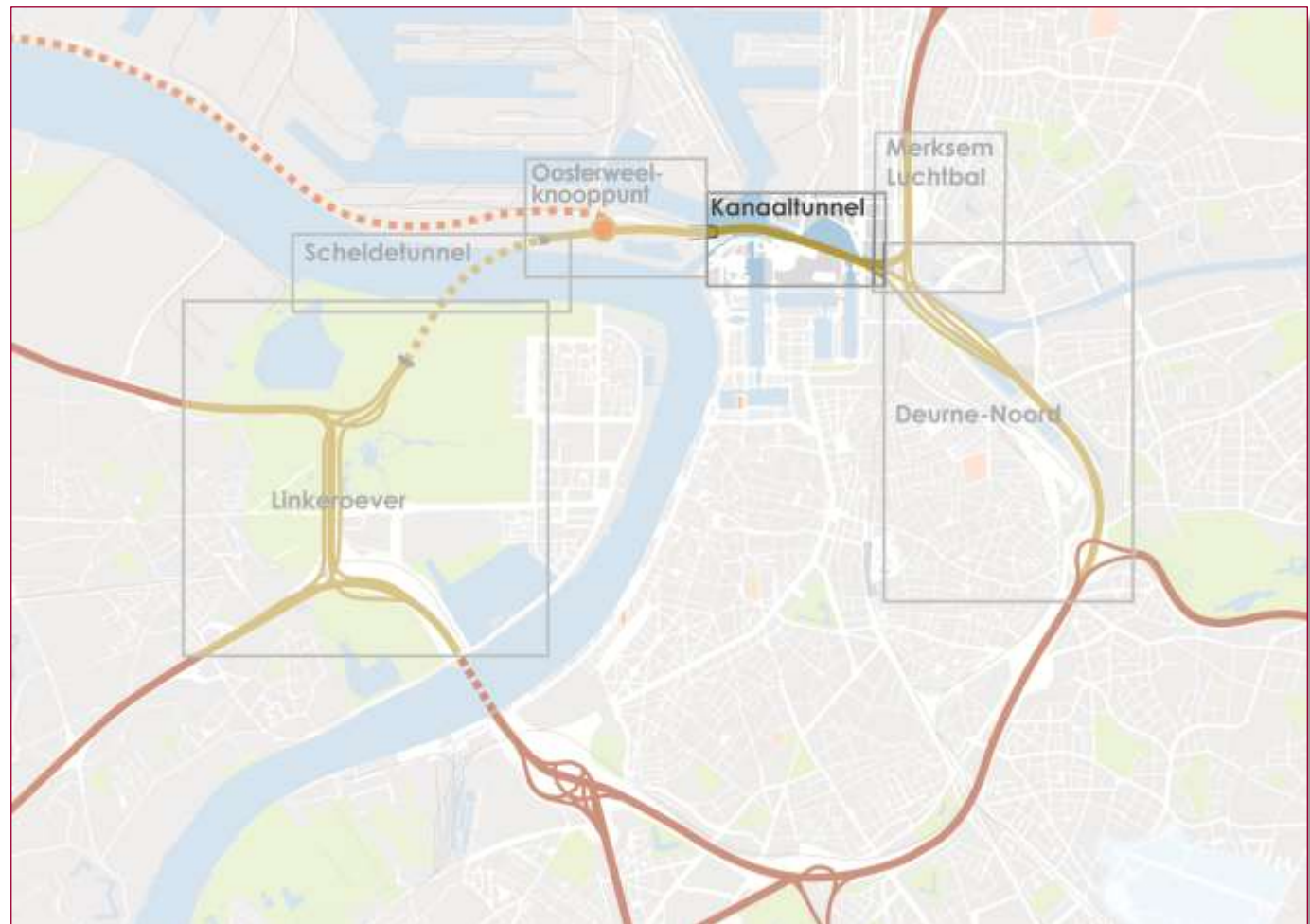


Schema Oosterweelknoop

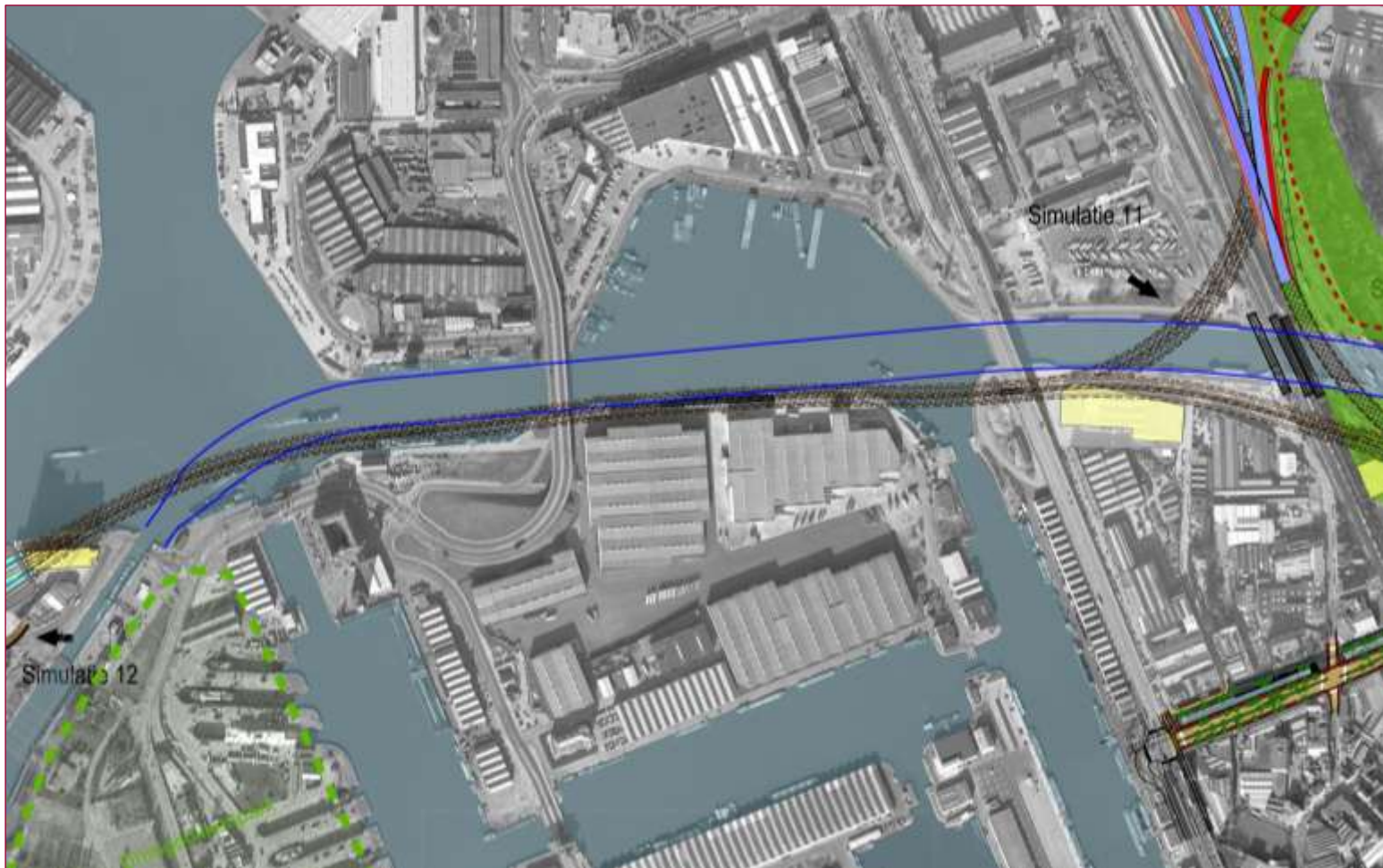


Oosterweel Knooppunt Dwarsdoorsnede

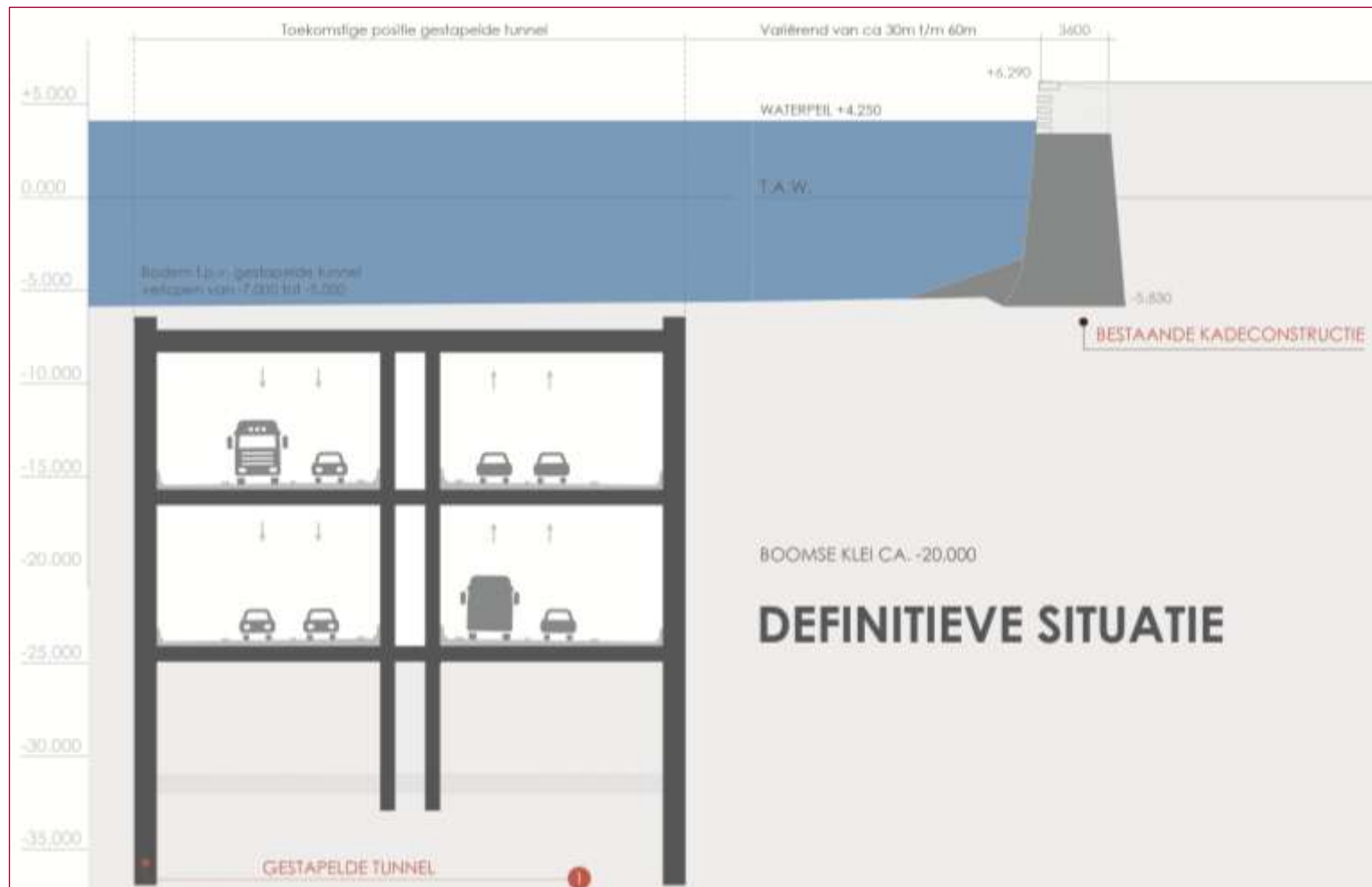




Kanaaltunnels gestapelde Cut&Cover



Kanaaltunnels gestapelde C&C dwarsdoorsnede





Bovengrondse infrastructuur Ringzone- R1

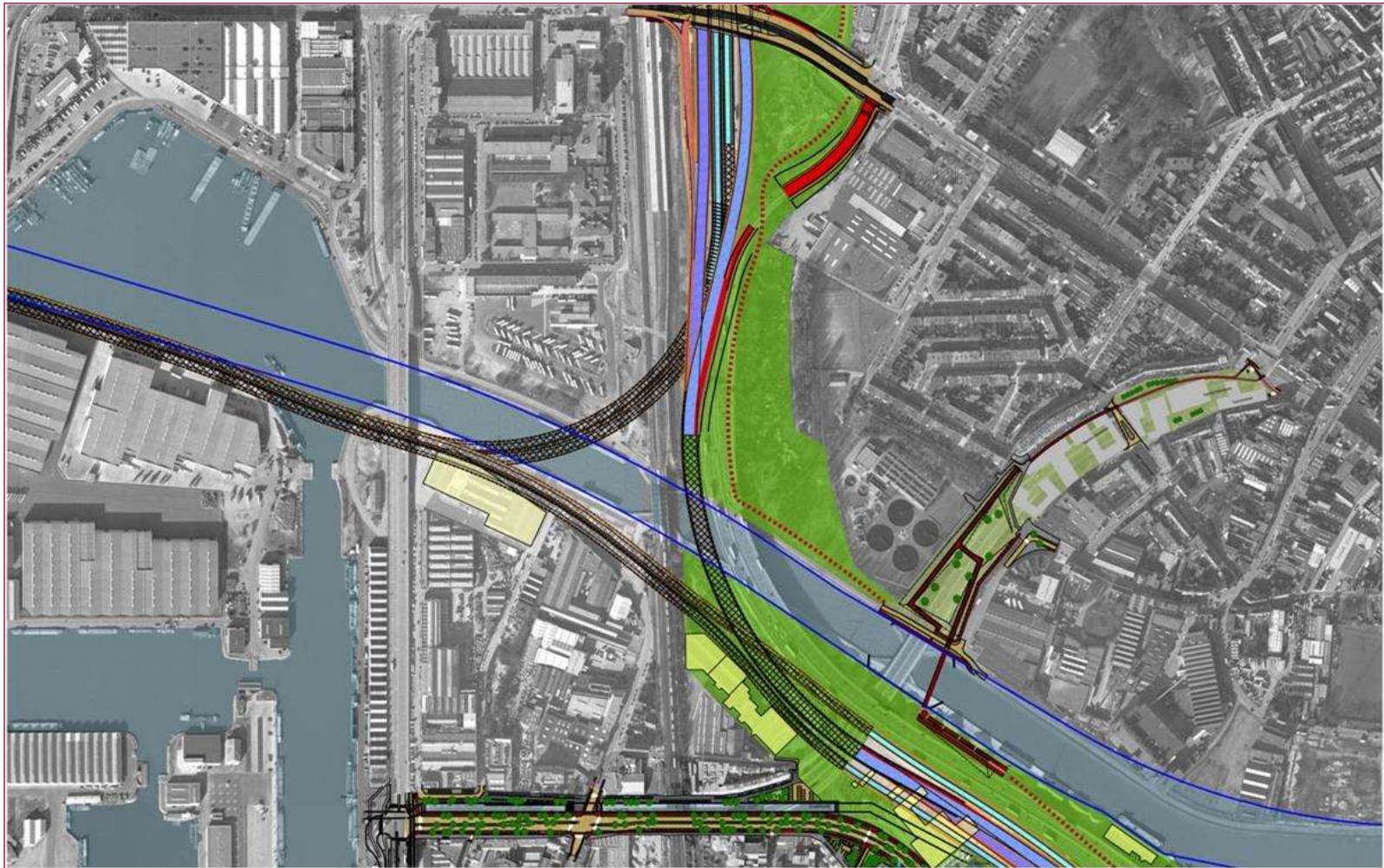


Visualisatie Ringzone (tunnel Albertkanaal)

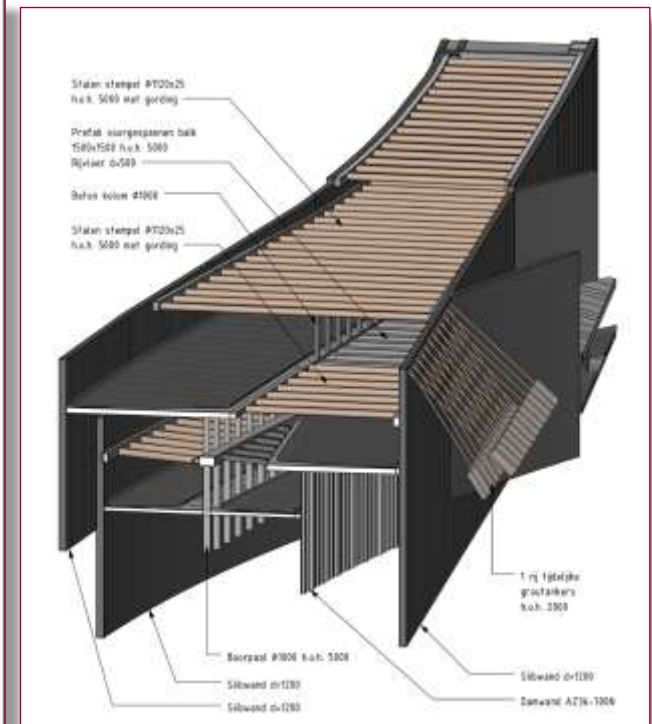
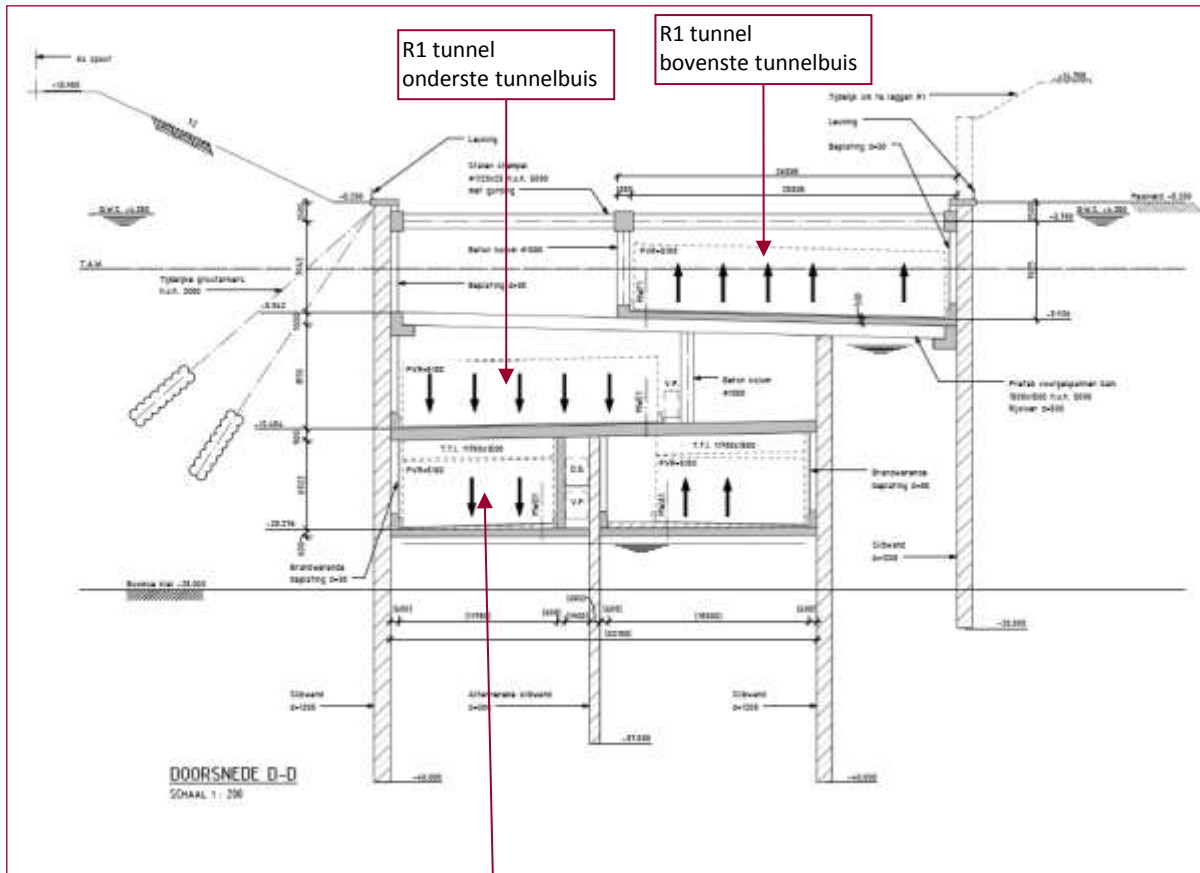




Grondplan Zone R1 tunnel Albertkanaal



Snede Groenendaallaan (Tunnel onder Albertkanaal)



Tunnel Kanaalzone
 onderste tunnelbuis

Doorsnede ter plaatse van samenvoeging tunnel R1-Albertkanaal met
 tunnel Kanaalzone

2. Ontwerpkader tunnelveiligheid

- » Wet- en regelgeving
- » Rolverdeling tunnelveiligheid
- » Toepassing richtlijnen
- » Aanvullende eisen

2.1. Implementatie EU Richtlijn

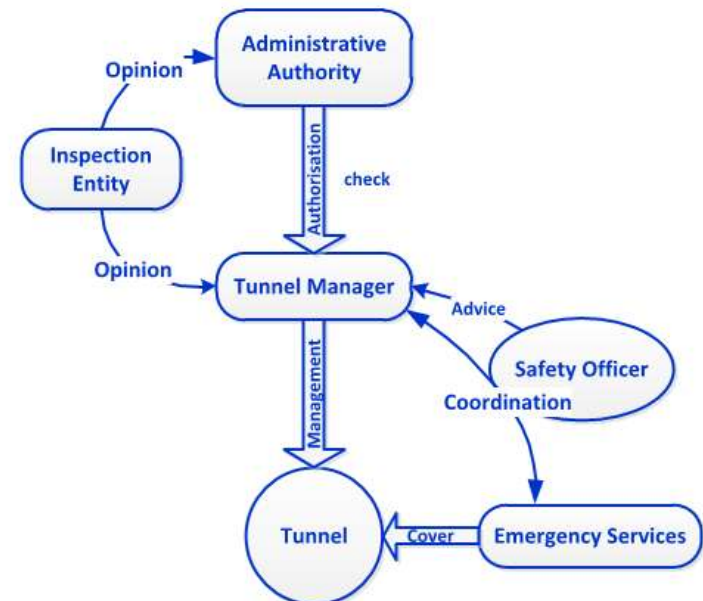
- » **Richtlijn 2004/54/EG:** tunnels langer dan 500 m op het TERN-netwerk
- » **Omzetting:** bevoegdheidsverdeling
- » **Federaal:** wet 9/5/2007
KB 6/11/2007
- » **Vlaams Gewest:** Decreet 1/6/2007
BVR 23/11/2007
MB 22/1/2008

2.2. Rolverdeling

» Strategische organisatie

- rolverdeling actoren / toewijzing verantwoordelijkheden

- Bestuursorgaan
- Tunnelbeheerder
- Veiligheidsbeambte
- Inspectie-instantie
- Hulpdiensten



2.3. Keuze voor NL richtlijnen

» Vlaamse richtlijnen in opmaak

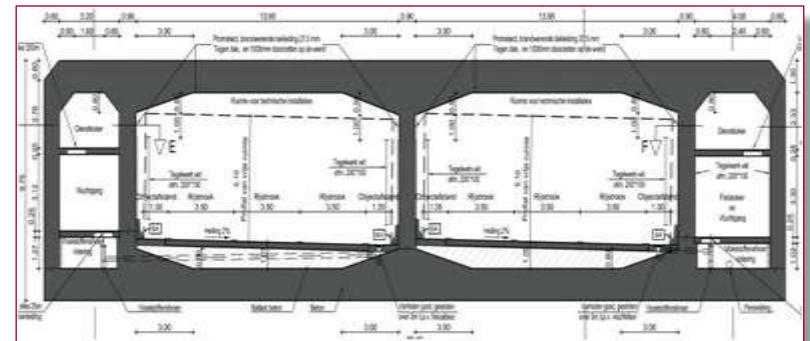
» Tunnelbeheerder (niet-AWV) heeft vrije keuze

- mits consequent en aantoonbaar veilig

» Afspraak: hanteren Nederlandse methodiek

- 2010: *'De adviezen en de goedkeuring van de Commissie over tunnels zullen in een eerste fase gebaseerd worden op de Nederlandse Richtlijnen in verband met Verkeerstunnels. In een latere fase zullen specifieke Richtlijnen worden opgesteld voor het Vlaamse Gewest.'*
- Aandachtspunten:
 - » ook WARVW (NL) wijzigt
 - » gebaseerd op Bouwbesluit NL

- » Referentieniveau:
 - Nieuwe Scheldetunnel
 - Formulering Brandweer
- » Toepassing vluchtstroken
- » 10-secondenregel
- » Noodwaterkeringen



3. Ontwerp aanpak

Aanpak

- » Vaststellen veiligheidsdoelstellingen
- » Ontwerpstrategie gericht op
 - Preventie, mitigatie, zelfredzaamheid en hulpverlening
 - In onderlinge samenhang
 - Accent op preventiezijde ontwerpmaatregelen
- » Vaststelling basisvoorzieningenniveau (incl. ALARA-principes)
- » Toets aan normen, wet- en regelgeving door middel van risicoanalyses
- » Conservatieve benadering

Aandachtspunt

- » Veiligheid Integraal onderdeel van ontwerp
 - Verkeersveiligheid
 - Operationele voorwaarden en beperkingen gebruik
 - Constructieve integriteit
 - Specifieke veiligheidsrisico's (onderdelen)



3.1. Veiligheidsdoelstellingen

» Voor het gehele systeem

» Basisdoelstelling

- Niveau 1 Preventie van (brand)incidenten door middel van ontwerp én operationeel
- Niveau 2 Beheersing van incidenten en zelfredzaamheid
- Niveau 3 Voorzieningen voor hulpdiensten (repressie en hulpverlening)

» Aansluitend bij definitie uit 2010

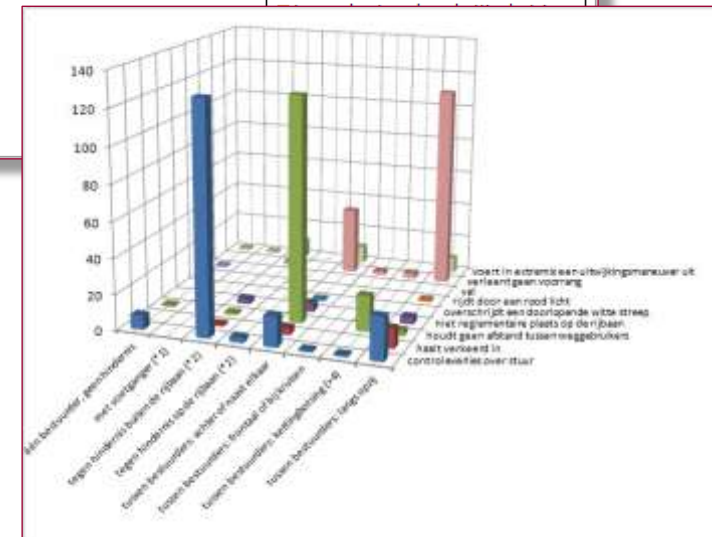
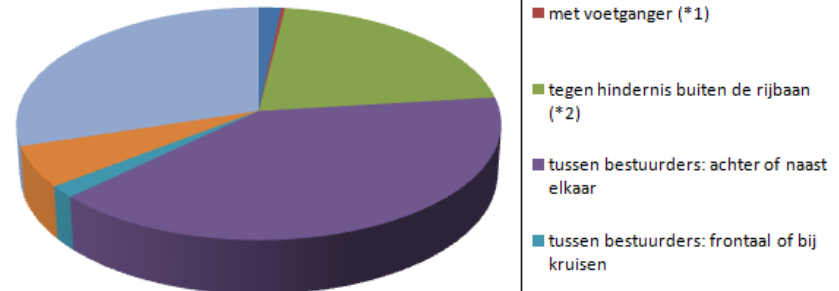
- Preventie, voorkomen incidenten
- Kans op ongeval overeenkomstig vergelijkbare tunnels
- fN-curve, groepsrisico NL
- Evacuatie ($ASET > RSET$)
- RAMSSHEEP (m.n. ventilatie)
- Voorzieningen veilig en efficiënt optreden hulpdiensten
- Industriële omgeving/structurele integriteit (kleine kans)
- Minimaliseren interactie kunstwerken



3.2. Verkeersveiligheidsbeoordeling

- » Pro-actie en preventie -> verkeersveiligheid
- » Effect-beoordelingsnota voor vergelijking van alternatieven
- » Oorzaak-analyse
 - Controle verlies
 - Kop-staart bij file
 - Zijdelings bij opstoppen
- » Ontwerp maatregelen
 - Bochten, wegontwerp
 - Verkeersbelasting I/C factor
 - Turbulentieafstanden
 - ITS systeem

Type aanrijdingen op R1



3.3. Basisvoorzieningen niveau

» Tunnels langer dan 500 m

- Centrale bediening en bewaking



» Voorzieningenniveau

- Tunnelstandaard (NL) is basis
 - » Standaard definitie LFV's
- Specifieke eisen en wensen (o.a. Brandweer)
 - » Bluswatervoorzieningen (aansluiting bij overige tunnels)
 - » Vluchtdeuren breedte interventie (1,1 m)
 - » Deurafstanden inzet repressie
 - » Maatregelen en toetreding gestapelde tunnels
 - » FFFS: te analyseren voor klasse C; zeker bij uitbreiding tot klasse A



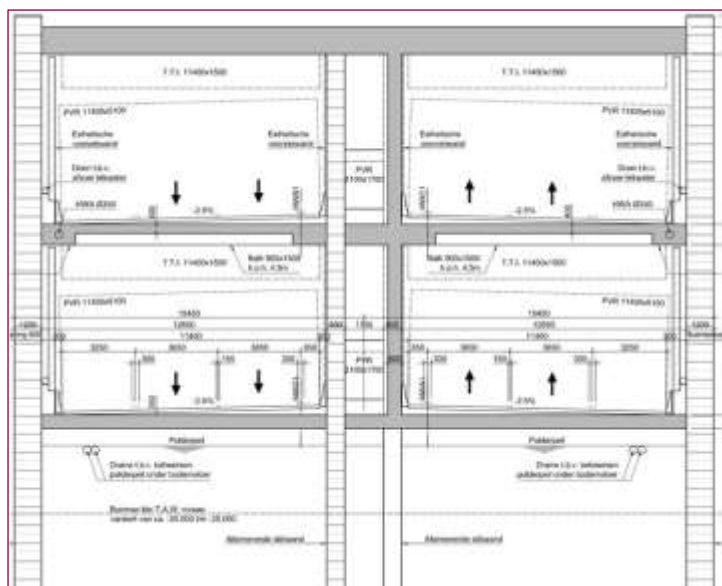
» Verskil a.g.v. uitvoeringswijze en tunnelgeometrie

[illegible]

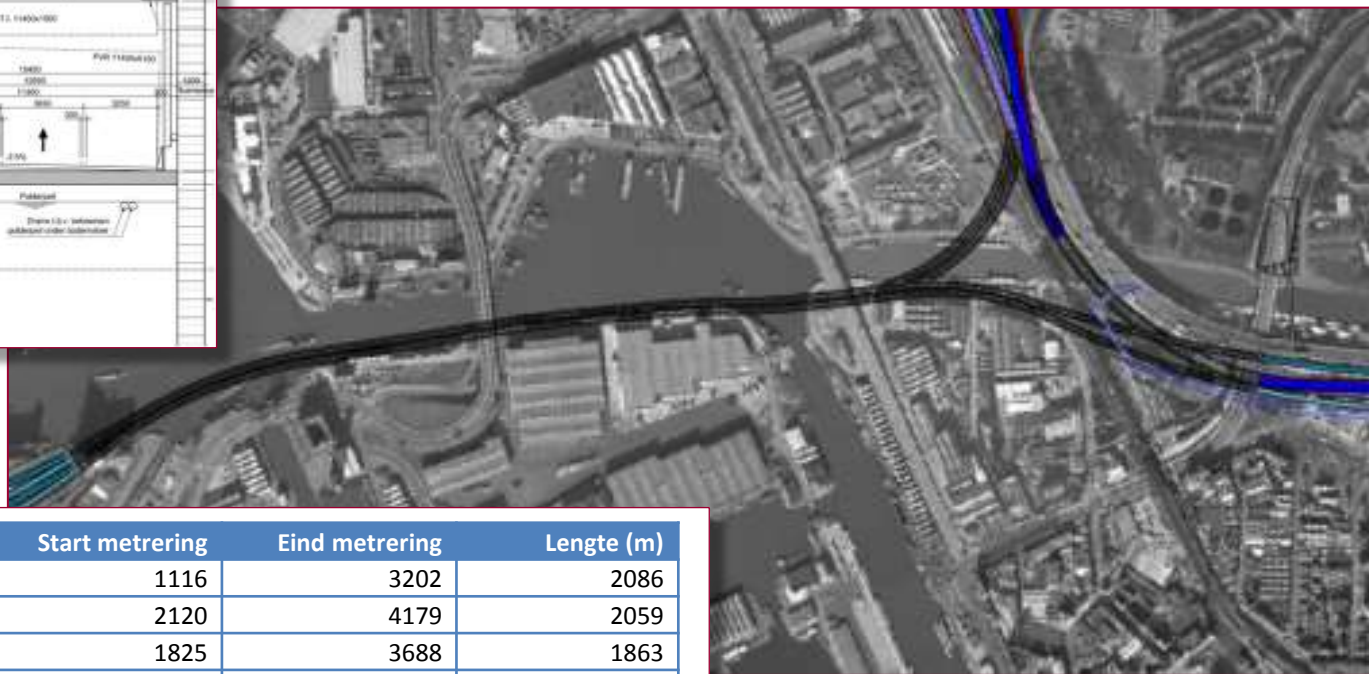


beheersmaatschappij
antwerpen mobiel

4. Oplossing gestapelde tunnels Kanaalzone



- » 4 kokers, elk 2 rijstroken + vluchtstrook
- » PVR: 11,4 m x 5,1 m
- » 80 km/u
- » ADR klasse C



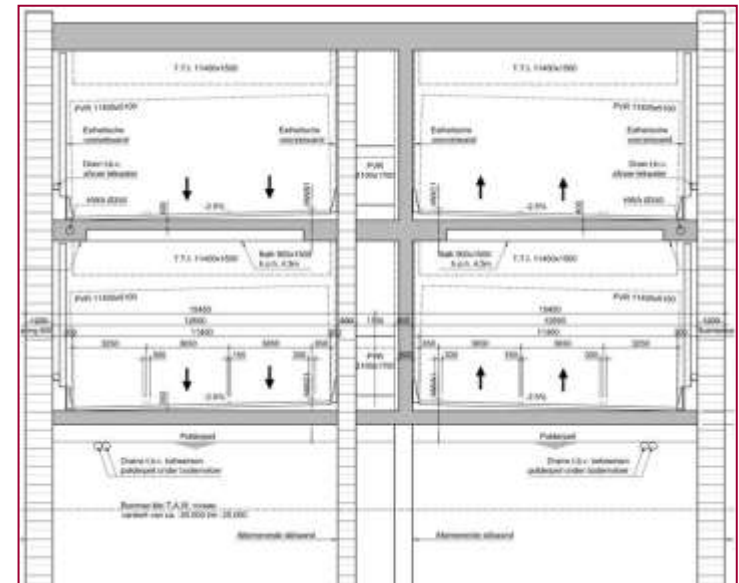
Tunnel	Positie (fig. 12)	Start metroring	Eind metroring	Lengte (m)
OWK - Schijnpoot	rechtsboven	1116	3202	2086
OWK- Luchtbal	rechtsonder	2120	4179	2059
Luchtbal - OWK	linksonder	1825	3688	1863
Schijnpoot - OWK	linksboven	438	2527	2089

» Basisoplossing

- Geen wens/eis bereikbaarheid of interventie vanaf kade
- Twee gescheiden gestapelde systemen met middentunnelkanaal (incident- en veilige buis naast elkaar)

» Specifieke ontwerpoverwegingen

- Toepassing vluchtstroken
- Vluchtvoorzieningen
- Interventieconcept
- QRA-analyse
- FFFS in relatie tot ventilatie,....



4.2. Toepassing vluchtstrook



» In tunnels NL geen vluchtstroken

- (o.a. advies Steunpunt Tunnelveiligheid)
- echter advies gebaseerd op Nederlandse situatie met 3 of meer rijstroken (bij pech meer restruimte)

» Besluit van de Vlaamse Regering 2010 dat al uitgaat van vluchtstrook

- Beschikbaarheid en doorstroming: restcapaciteit te kunnen behouden bij een pechstranding
- Pechincident te kunnen bereiken in rijrichting mee
- Tunnel leeg te kunnen rijden langs het pechgeval
- De kans op file te beperken (kleinere kans op incidenten in de staart van de file)
- ALARA veiligheid (geen noodzaak)
- Brandweer: voor kleine incidenten gebruikt om met verkeer mee de tunnel in te rijden, waarbij 3 m brede rijstrook volstaat.



4.3. Toepassing vluchthavens

» Vluchthavens om de 1000 m

- » *De Europese Richtlijn 2004/54/EG [ref. 13] art 2.5 stelt vluchthavens alleen verplicht voor tweerichting- verkeerstunnels en voor zover er geen vluchtstroken aanwezig zijn.*

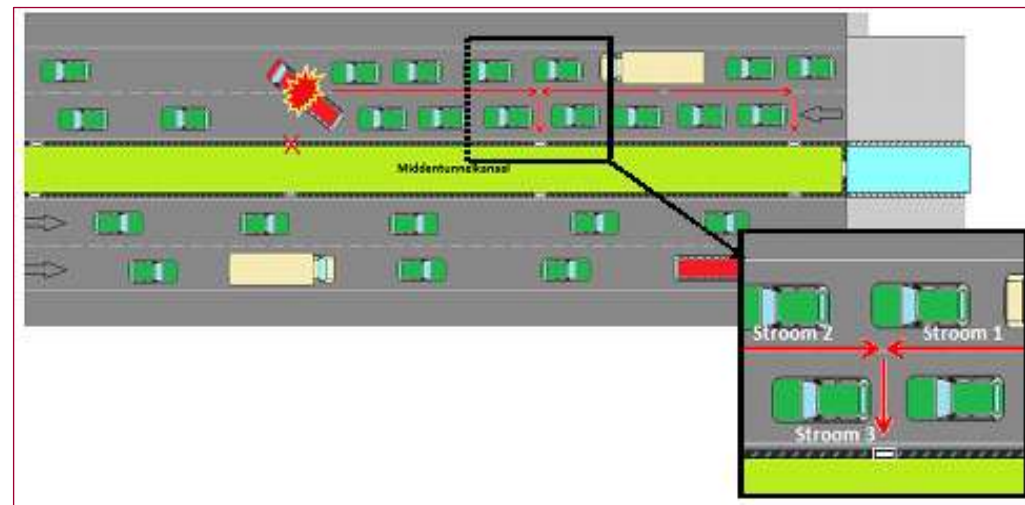
» Afweging voorgelegd aan bestuursorgaan:

- » *Vluchtstrook aanwezig*
- » *Niet bruikbaar voor vrachtwagens, moeilijk inpasbaar*
- » *Oneigenlijk gebruik (90%), onregelmatigheden, vergroting verkeersonveiligheid*

4.4. Vluchtvoorzieningen - en evacuatie

» Incident- en niet-incidentbuis concept gehanteerd

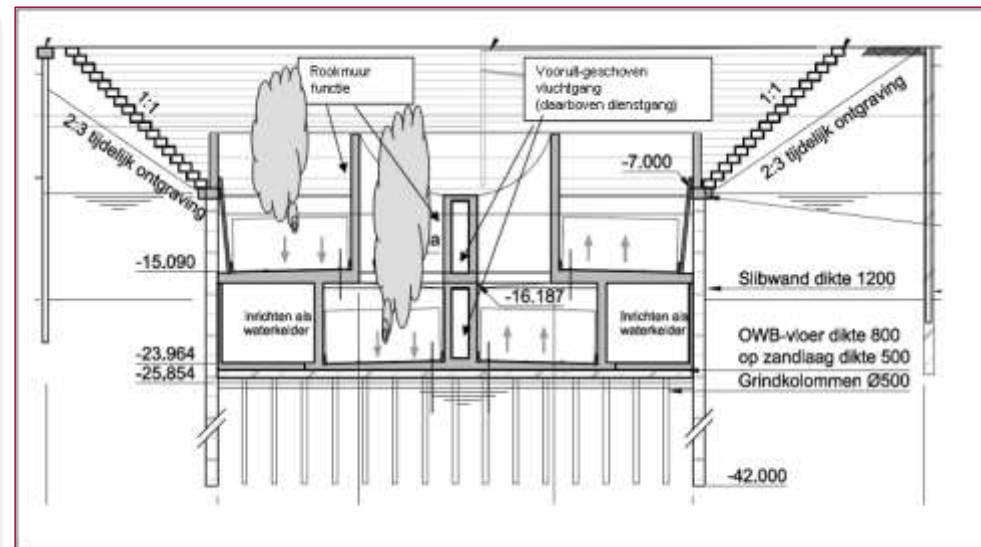
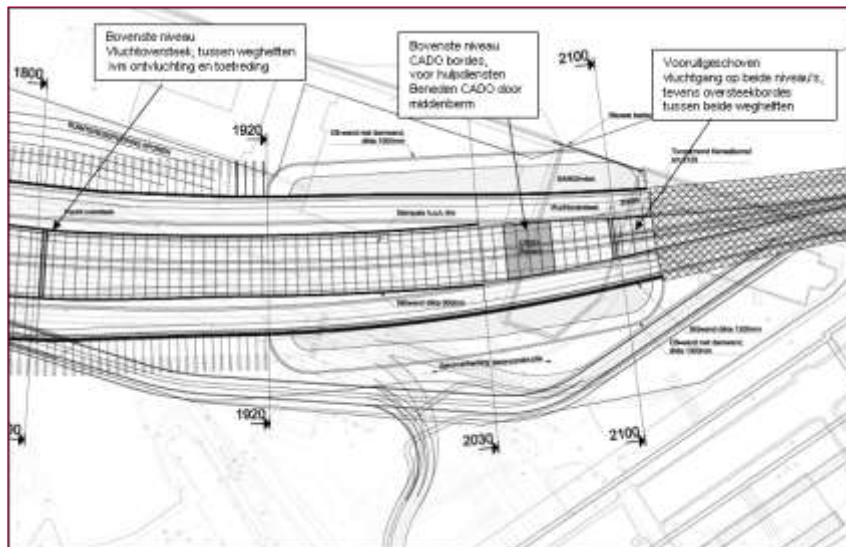
- Twee gestapelde separate systemen
- Langsontvluchtingsstrategie
- Geen aanvullende verticale vluchttrappenhuizen of verbindingen
- Vluchtdeuren om de 100 m van 1,1 x 2,1 m
- Midentunnelkanaal 1,7 m



4.4. Vluchtvoorzieningen - en evacuatie

» Complexiteit gestapelde tunnelmonden

- Evacuatie
- Rookbeheersing
- Bereikbaarheid hulpdiensten (Cado's)



4.5. Bereikbaarheid en interventie



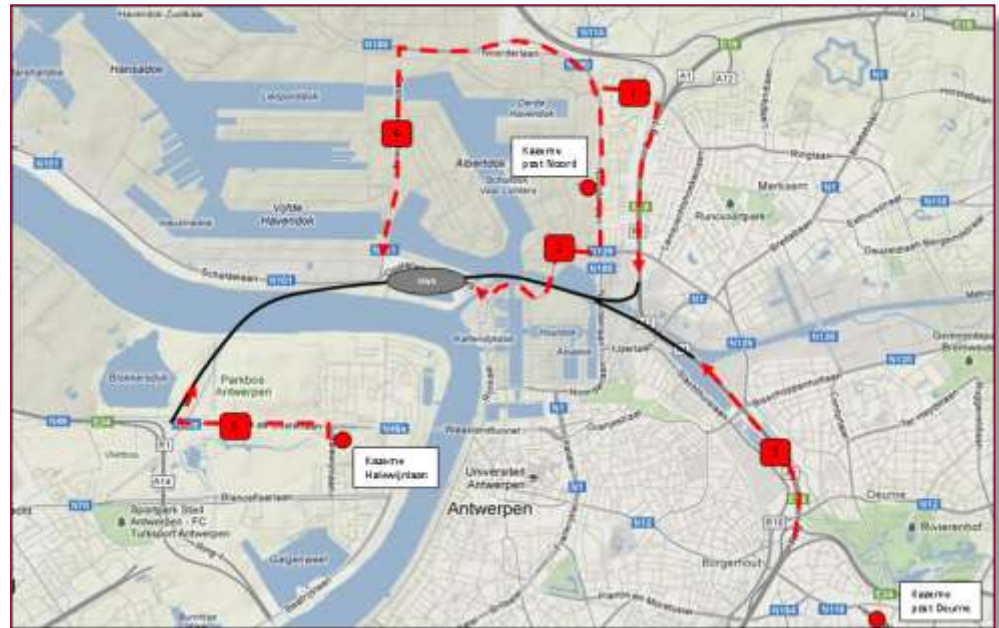
» Voorwaarden voor interventie

- Snelle interventie.
- Bereikbaarheid en aanrijdroutes.
- Beschikbaarheid toegangswegen (snel bereikbaar, opstel mogelijkheden).
- Doorsteken en bereikbaarheid tunnelmonden.
- Verkeersvrij maken en afsluiten tunnelmonden.
- Bluswatervoorzieningen, waterbevoorrading en opvang bluswater.
- Voorzieningen in tunnel (veiligheidsnissen/hulpposten).
- Communicatievoorzieningen hulpdiensten.
- Bediening van installaties door Operator op basis van instructies brandweer.
- Brandweer(informatie)panelen bij tunnelmonden.
- Geregelde opvang en ontluchting bij tunnelmonden.

» Primaire uitgangspunten

- Bereikbaarheid en aanvalsroutes dienen vanaf beide zijden geborgd te zijn
- Tweezijdige bereikbaarheid alle tunnelmonden (niveau verschillen)
- Niet “overreageren” door middel van verkenning bij kleine incidenten via vluchtstrook of door het verkeer
- Op aanrijroutes passeerbaarheid, op toeritten vluchtstrook, strategische positie brandweer boven aan toeritten

- **Aanrijroutes op systeemniveau**
- Op object/locatieniveau
- Op detail ontwerpniveau (breedte wegen)



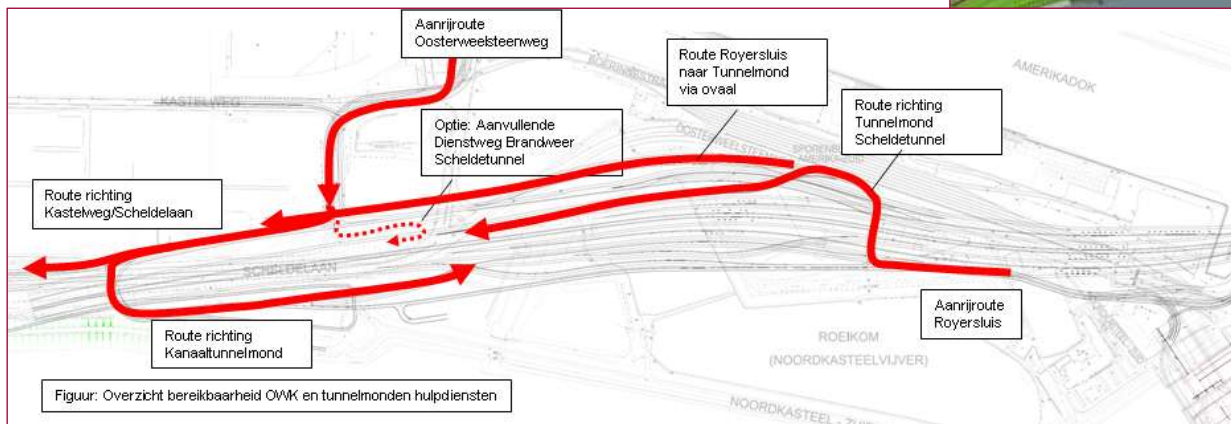
4.5. Bereikbaarheid en interventie



» Bereikbaarheid

- Aanrijdroutes op systeemniveau
- **Op object/locatie niveau**
- Op detail ontwerpniveau (breedte wegen)

- Oosterweelknoop



4.6. QRA Kanaalzone

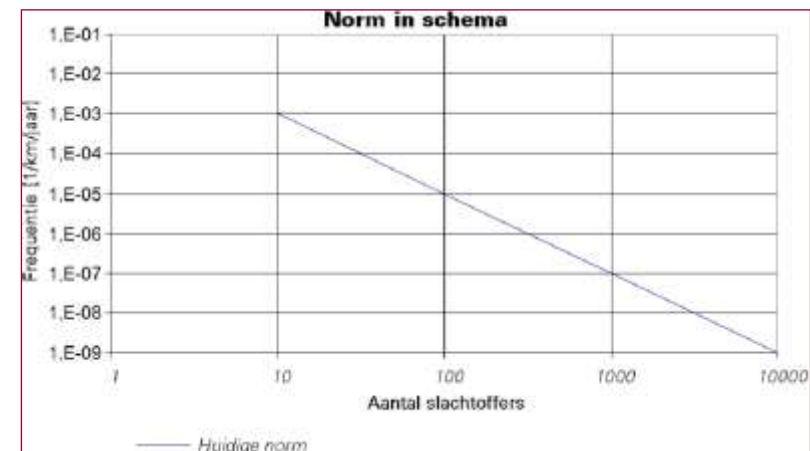
» Toetsingskader

- Persoonlijk risico komt te vervallen in NL-regelgeving
- Geen scenarioanalyse meer in ontwerpfase (wel voor bereikbaarheid en interventie)
- Groepsrisico: veiligheidsnorm conform gewijzigde WARVW art 6
 - » *De kans op slachtoffers in de tunnel is blijkens een risicoanalyse niet groter dan $0,1/N^2$ 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.*

» RWS QRA model

» AWW/EVT:

- NL-model -> ook NL toetskader
- Normstelling en toetsing per tunnelbuis
- Normstelling per kilometer per jaar



4.6. QRA Kanaalzone

» Kwantitatieve Risicoanalyse bepaald door

- Input en ontwerpparameters voor systeem
- Verkeerscijfers en gebruik
- Basisincidentkans met correctiefactoren wegontwerp
- Conservatieve benadering

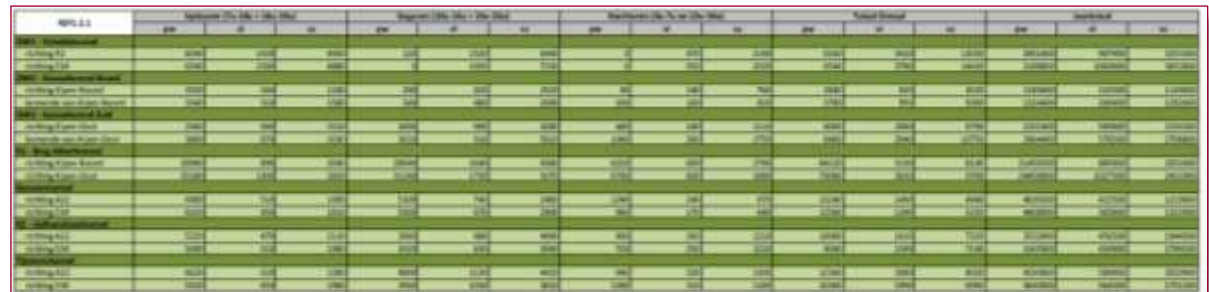
» Eigenschappen van de tunnelsysteem

- De buizen hebben twee rijstroken
- Er is een vluchtstrook aanwezig in elke buis
- Tussen de buizen is een middentunnelkanaal aanwezig
- Vluchtdeuren met een h.o.h. afstand van 100 m
- De tunnel is voorzien van bewaking en bediening
- De tunnel is voorzien van een langsventilatiesysteem

4.6. QRA Kanaalzone

» Verkeersprognoses

- Verkeersprognoses o.b.v. verkeersmodellen (departement Mobiliteit en Openbare Werken, verkeerscentrum)
- Complex systeem, dag/nacht, verdeling vrachtverkeer etc.
- Gevoeligheidsanalyses



- Vervoer gevaarlijke stoffen
 - » Tunnelcategorie C
 - » Noodzaak tot ADR-tellingen okt 2013

Tunnelbuis	Gevaarlijke stoffen transporten (myt/jaar)				
	LF1	LF2	LT	GF	GT
R1 zuid naar OWK	18.697	20.713	1.687	0	0
OWK naar R1 zuid	18.872	26.843	1.260	0	0
R1 noord naar OWK	18.872	26.843	1.260	0	0
OWK naar R1 noord	18.697	20.713	1.687	0	0

Tabel 8: Gevaarlijke stoffen transporten

LF1: Aantal tankwagens met brandbare vloeistof gevaarklasse 1 per jaar

LF2: Aantal tankwagens met brandbare vloeistof gevaarklasse 2 per jaar

LT: Aantal tankwagens met toxische vloeistof per jaar

GF: Aantal druktankwagens met brandbaar tot vloeistof verdicht gas per jaar

GT: Aantal druktankwagens met toxisch tot vloeistof verdicht gas per jaar

4.6. QRA Kanaalzone

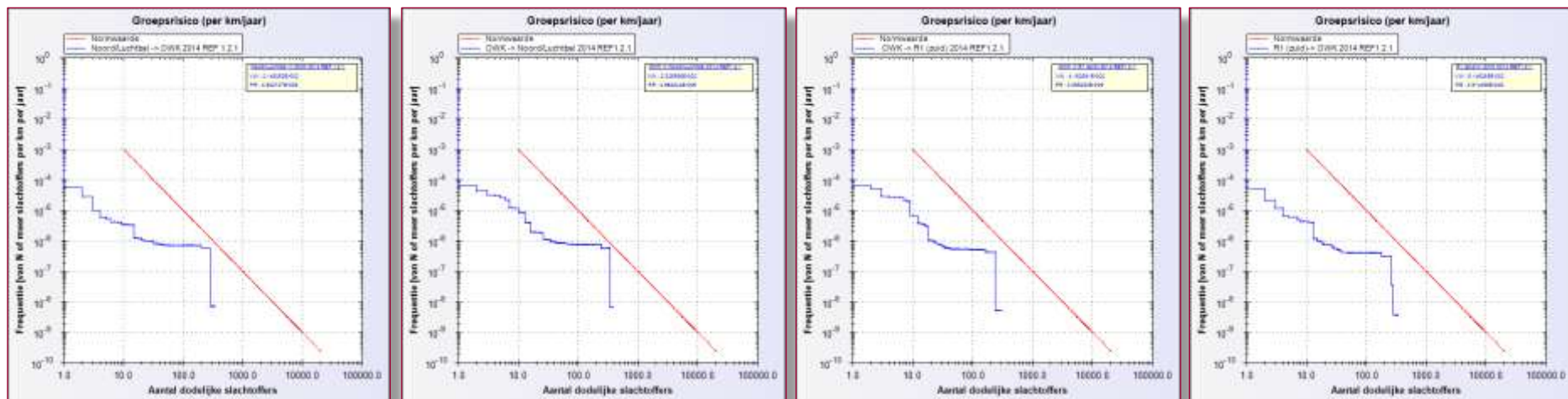
» Basisincidentkansen en specifieke correctiefactoren

- het aantal rijstroken.
- de tunnallengte.
- het al dan niet aanwezig zijn van een vluchtstrook.
- de rijstrookbreedte.
- de breedte van de redresseerstrook.
- de ligging van convergentiepunten.
- de ligging van divergentiepunten.
- fileterugslag.
- opgaande helling.
- neergaande helling.
- horizontale boog.
- verticale boog.
- de maximumsnelheid.
- de intensiteit - capaciteit verhouding.
- aandeel vrachtverkeer.



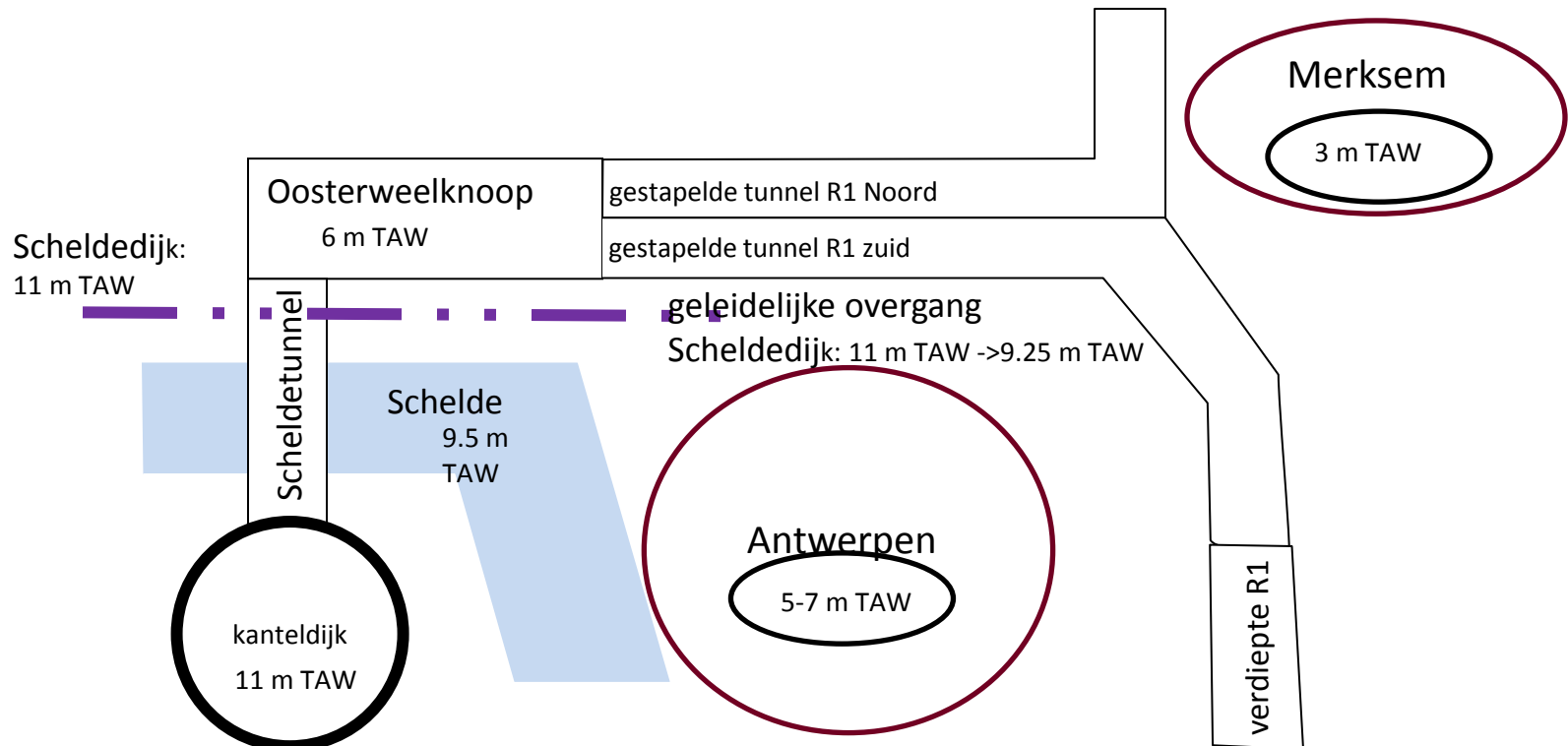
4.6. QRA resultaten Kanaalzone

- » Op basis van de gehanteerde uitgangspunten blijkt dat aan de eisen met betrekking tot het maximaal acceptabel groepsrisico voldaan kan worden
- » Gevoeligheidsanalyse:
 - » Het aantal gevaarlijke stoffen transporten kan met ca. 50 % toenemen alvorens de normstelling wordt overschreden



4.7. Waterstaatkundige veiligheid

- » Doorsnijding Scheldedijk door OVV
- » Constructies en open bak R1 lager dan maaiveld en waterpeilen



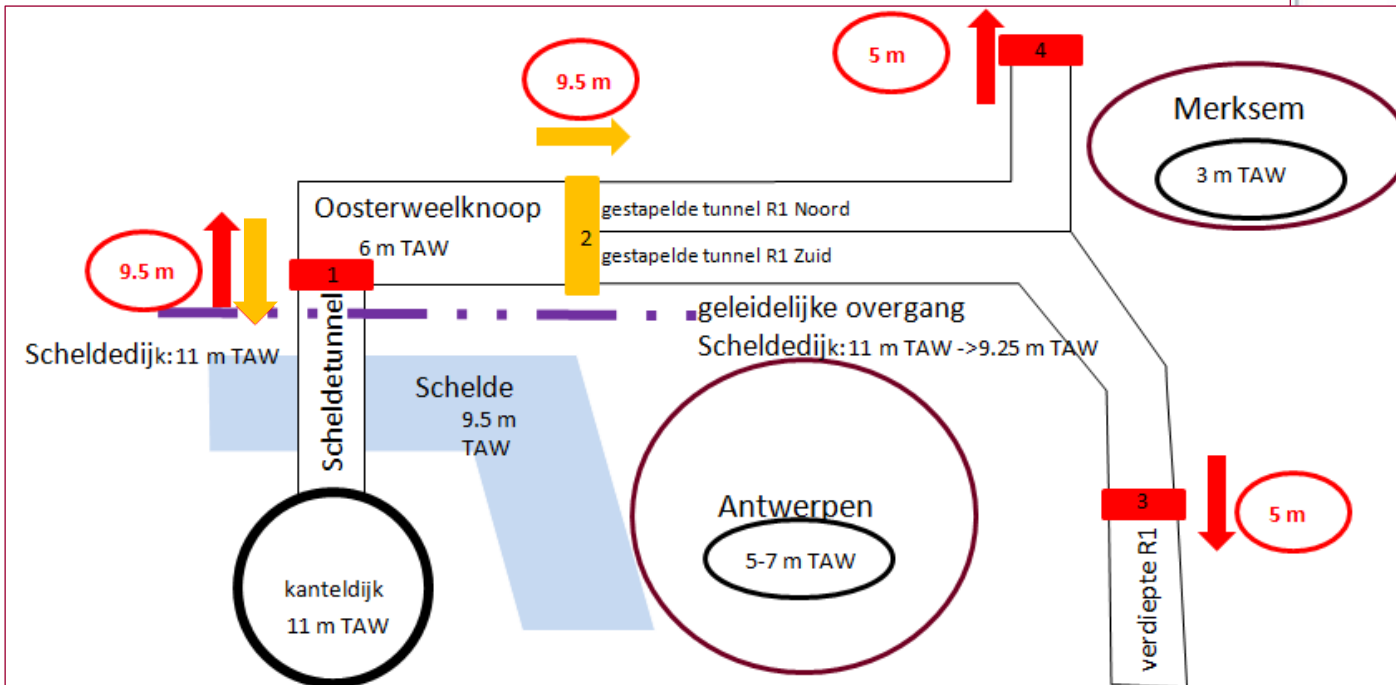
4.7. Waterstaatkundige veiligheid

» Keuze keringen

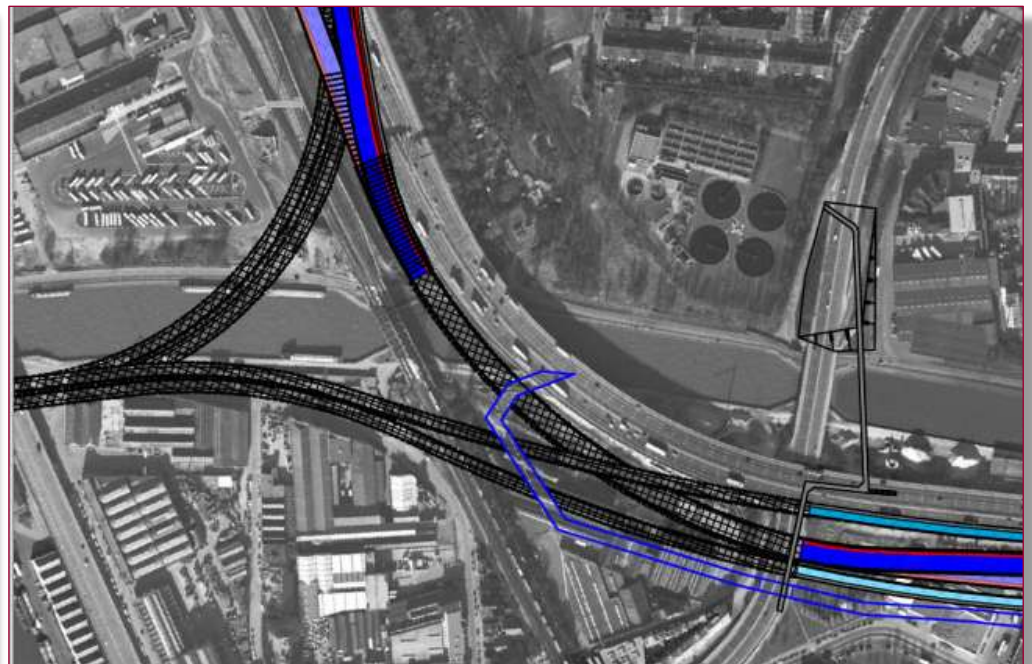
- » Borging waterstaatkundige veiligheid
- » Economisch Schadecriterium

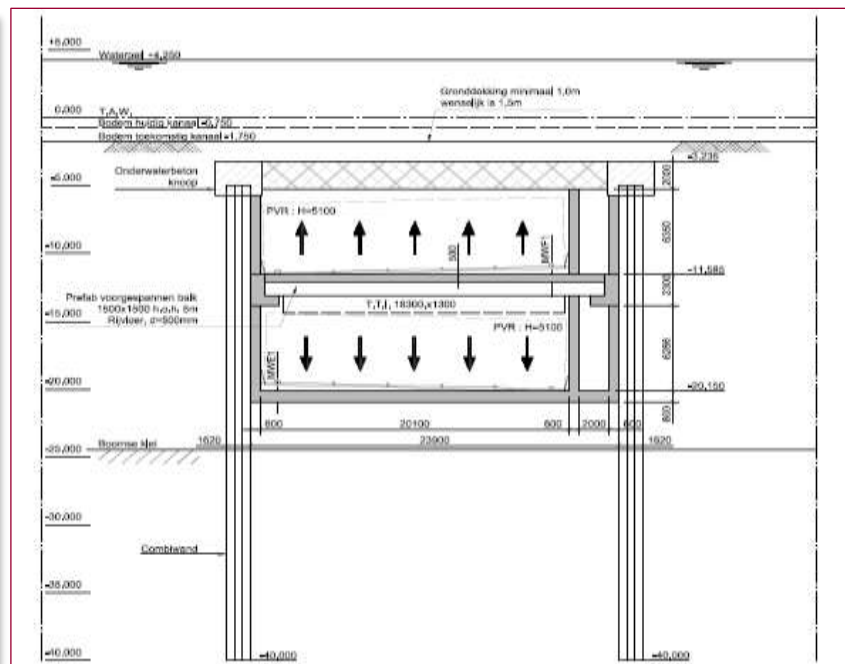
Scenario	Gebeurtenis
A	Bezwijken Scheldetunnel
B	Bezwijken gestapelde tunnels
C	Bezwijken oever Albertkanaal/dokken
D	Bezwijken Scheldedijk

waterstaatkundige faalmechanismen



- » 2 kokers, elk 5 rijstroken (geen vluchtstrook)
- » Buisafmeting 20,1 m x 7,0 m (6,35 m) bij PVR hoogte 5,1 m
- » 90 km/u
- » Full ADR
- » Bovenste buis (Z-N) 450 m
- » Onderste buis (N-Z) 700 m





5.2. Toepassing 10 seconden regel



» In richtlijn 2004/54/EG is de 10-secondenregel opgenomen

- '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 **voor 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 waarborgen'.
- combinatie van beheersing:
 - » de turbulentieafstand van een convergentie- of divergentiepunt
 - » afstand waarbinnen de weggebruikers gefixeerd zijn op de tunnelingang
 - » de afstand die weggebruikers nodig hebben om te wennen aan de overgang van licht naar donker.

» Federaal besluit KB d.d. 9 november 2007.

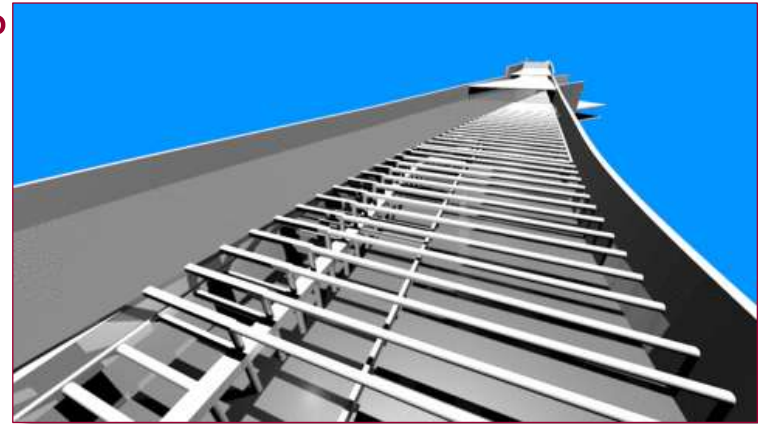
- Hierbij hanteert men een **strikte lezing** van de richtlijn, waarbij het aantal rijstroken zowel **voor, in, alsook voorbij** de tunnel gelijk dient te blijven.

5.2. Toepassing 10 seconden regel



» Definitie tunnelportaal t.b.v. bepaling 10 sec ?

- Overgang licht/donker ?
- Overgang eenduidig dwarsprofiel ?
- Overgang conform wetgeving sdefinitie open/gesloten?
- Voorlopig keuze locatie waar Pergola 50% open is.



» Conservatieve benadering

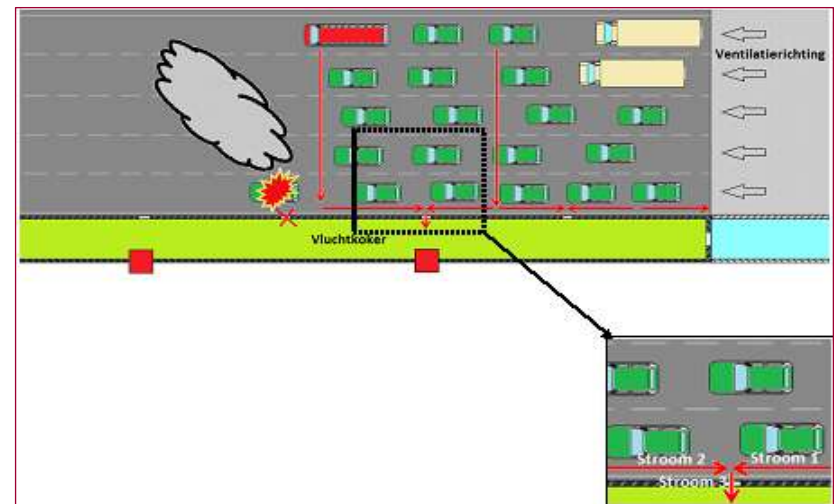
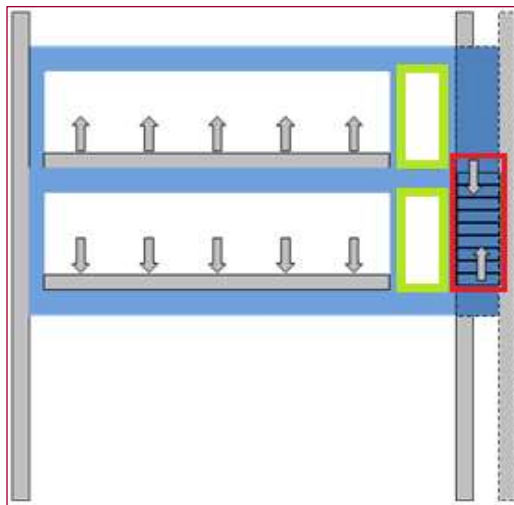
- Voorlopig conservatief gerekend
- Mogelijk 3D-simulaties uitvoeren met proefpers. (vb. UHasselt)



5.3. Vlucht- en evacuatieconcept R1-AK

» Incident/niet-incidentbuis concept gehanteerd

- Ontvluchting volledig in langsrichting conform standaard tunnels
- Tweezijdige ontvluchtingsmogelijkheden vereist
- Ontvluchting naar maaiveld niet wenselijk / benodigd
- Verticale koppeling schachten (alleen vanuit interventie)
- Capaciteit en vluchtafstanden ALARA keuze voor deuren om de 50 m



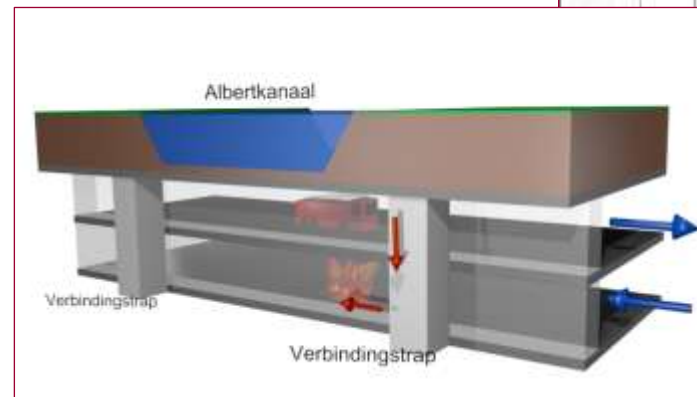
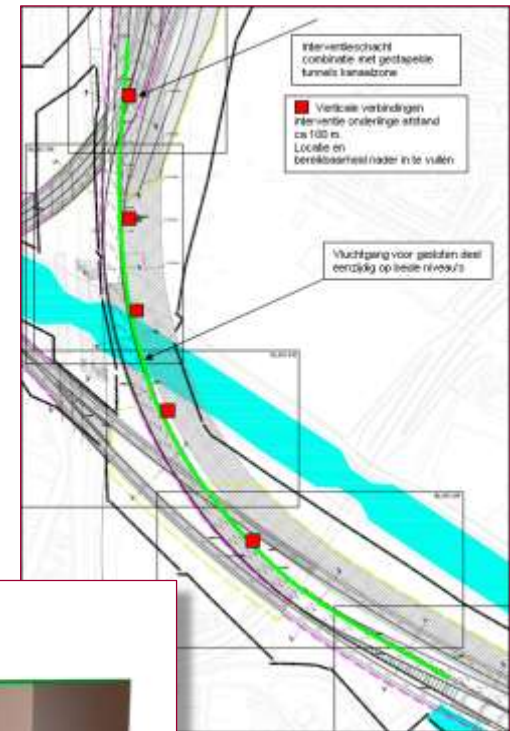
5.4. Bereikbaarheid en interventie



» Interventie en aanrijden vanuit niet-incidentbuis

» Verticale interventietrappen

- Schachten om de 100 m ingepast
- Toetredingsdeuren om de 50 m

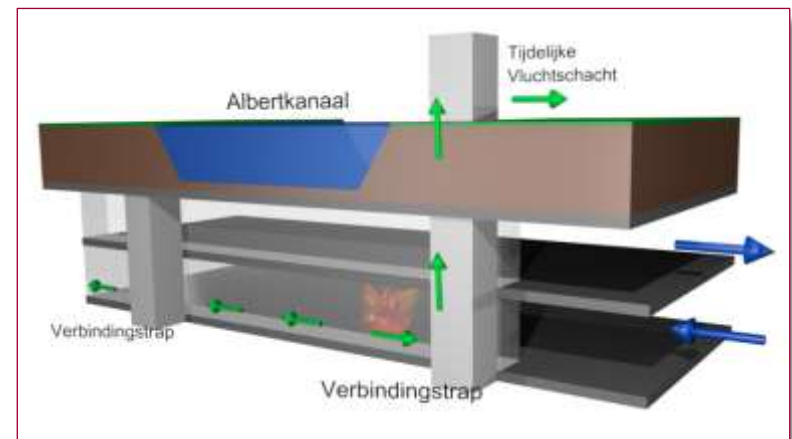


5.5. Tijdelijke situatie R1-AK

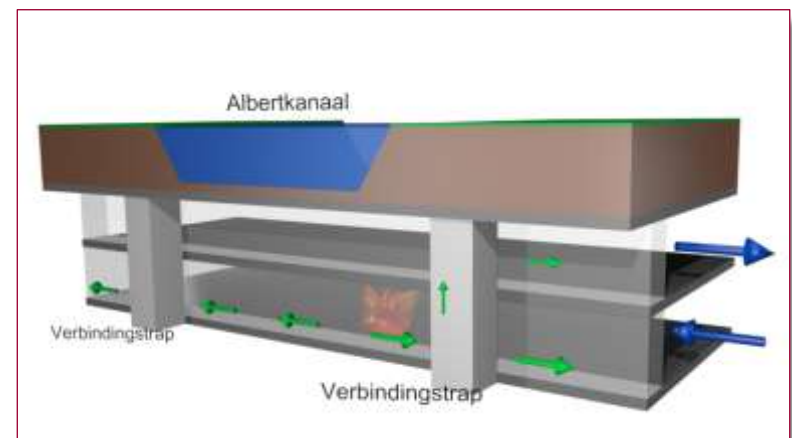
» Specifieke situatie bouwfaseringen

- Vluchtgangen noordzijde tijdelijk niet inpasbaar
- Tijdelijke verticale vluchtschacht naar maaiveld

Tijdelijke situatie



Eindsituatie



5.6. QRA analyse van R1AK

Bepalende kenmerken tbv QRA

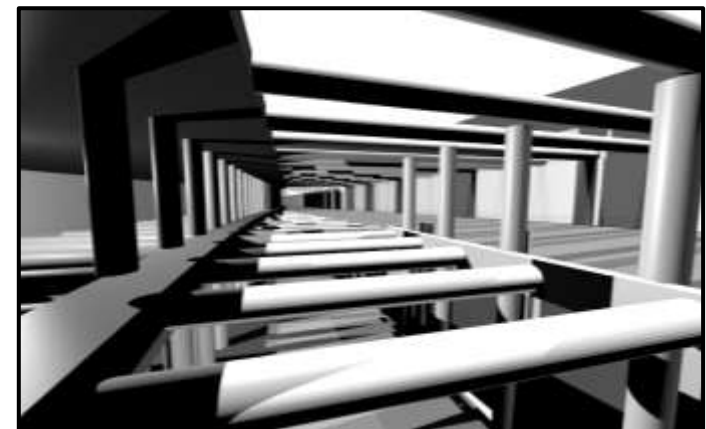
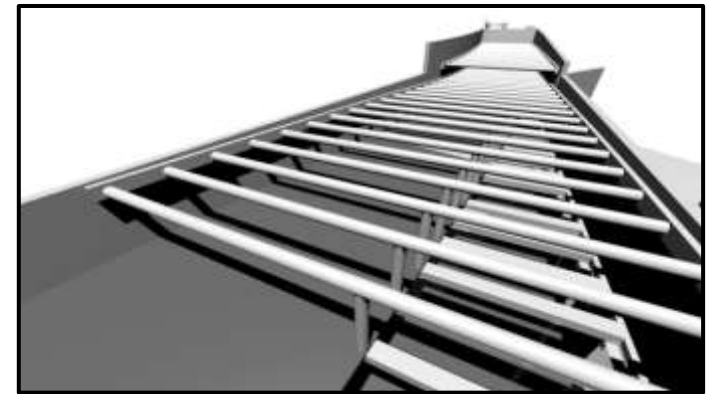
- » Vluchtdeuren met een h.o.h. afstand van 50 m.
- » De tunnel is voorzien van bewaking en bediening.
- » De tunnel is voorzien van een langsventilatiesysteem.
- » Slagbomen op 150 m afstand van de tunnelmond ter voorkoming van slachtoffers die buiten de tunnel vallen als gevolg van een explosie in de tunnel.
- » Full ADR
- » Uitgangspunt is dat de tunnel is voorzien van een watermist- of sprinklersysteem dat gedimensioneerd is om het ontstaan van BLEVE's te voorkomen.
- » De tunnel is voorzien van geïntensiverde detectie door CO-, temperatuur-, snelheid-, en het gebruik van zichtmetingen t.b.v. de branddetectie.



5.6. QRA analyse van R1-AK

Specifieke aandachtspunten R1AK:

- » Analyse per tunnelbuis;
- » Noord-Zuid tunnelbuis maatgevend;
- » Bepaling van incidentkans m.b.v. correctiefactoren;
- » Voorkoming explosieslachtoffers buiten tunnelbuis;
- » Intensivering van detectie;
- » Fileterugslag.

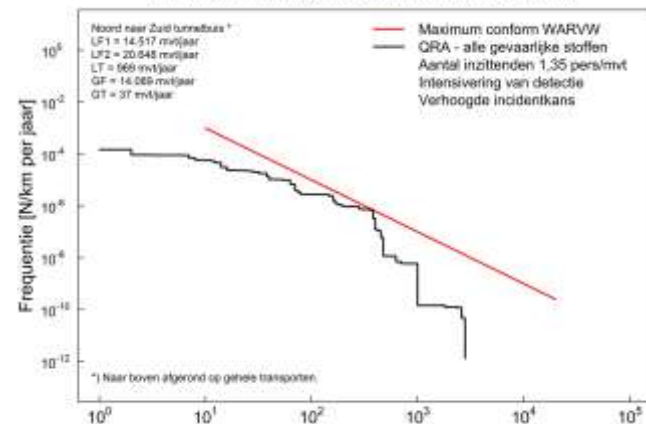


5.6. QRA resultaten R1-AK

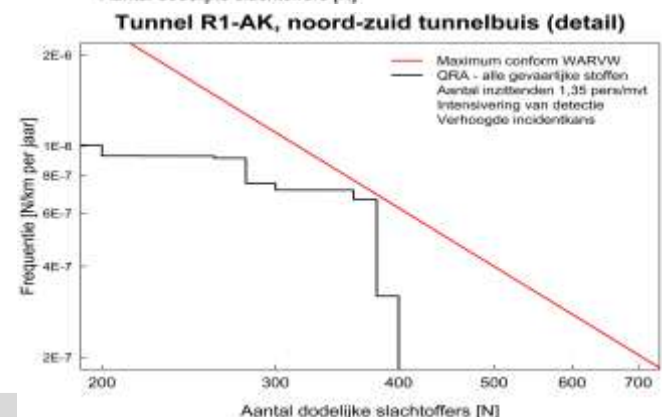
Op basis van de gehanteerde uitgangspunten blijkt aan de eisen met betrekking tot het maximaal acceptabel groepsrisico voldaan kan worden indien de volgende maatregelen worden getroffen:

- » Toepassing van een actief blussysteem.
- » Intensivering van het detectiesysteem en de inzet van de tunneloperator, deze moeten maximaal geoptimaliseerd worden.
- » Plaatsen van slagbomen op voldoende afstand (minimaal 150 m) van de tunnelmonden om hiermee het voor de tunnel tot stilstand gekomen verkeer op voldoende afstand en dus buiten het effectgebied van een explosie te houden.

Tunnel R1-AK, noord-zuid tunnelbuis



Tunnel R1-AK, noord-zuid tunnelbuis (detail)



6. Eindbeschouwing

- » Geïntegreerde aanpak van tunnelveiligheid in plan-voorontwerpfase noodzakelijk gezien impact van veiligheidskeuzes op ontwerp en oplossingsrichting
- » Normen en richtlijnen vormen slechts basis en zijn veelal niet toegesneden op de specifieke ontwerpoplossingen
 - 10-secondenregel
 - vluchthavens
 - gestapelde oplossingen
- » Uniformiteit nastreven, echter objectgerichte oplossingen onvermijdelijk
 - ontvluchtings- en interventieconcept gestapelde tunnels
 - tijdelijke maatregelen
- » Verkeersveiligheidsbeschouwing essentieel in veiligheidsketen
 - Pro-actieve ontwerpmaatregelen
 - Beoordeling 10-secondenregel
- » QRA-analyse wordt sterk beïnvloed door specifieke input parameters (gevoeligheidsanalyse noodzakelijk)
- » Full-ADR vraagt aanvullende maatregelen

.....MAATWERK