

Overdrukssystemen MTK wegtunnels

Verificatie en validatie



- ir. N.J. van Oerle
 - brandveiligheidsadviseur sinds 1989 (TNO, Peutz)
 - brandveiligheid tunnels
 - brandproeven
 - Beneluxtunnel (2002) ,
 - Metro Adam
 - Maastunnel R'dam
 - CFD (tunnels : metro, verkeer)
 - metingen tunnelventilatie
 - metingen ventilatie (parkeergarage, tunnels, RWA)
 - ad-hoc brandproeven
 - beoordelen overdrukventilatie trappenhuizen

Overdrukssystemen MTK wegtunnels

Achtergronden

- Verificatie en Validatie Overdrukventilatie: eisen methodiek (BSTTI)
- Keuze methoden werkwijze V&V methode
- Scenario's (verificatie ontwerp + beoordeling installatie)

Knooppuntenmodel

- Globale werking
- Uitwerking rekentool "Tunnelwijzer"
- Voorbeelden/berekeningen (demo Tunnelwijzer)

Achtergronden methode

- Basis Specificatie Tunnel Technische Installaties 1264869, 2012
- Publicatie "Aanbevelingen ventilatie van verkeerstunnels"
- Addendum modellering ProTüvem v2.0, Efectis, 2011 (AVV+)
- ISSO publicatie no 17 [1],[2],[3],[11]
- Beveiliging van vluchtwegen, SBR publicatie 184, 1988
- NEN 6092, NEN EN 12101-6: overdrukventilatie
- "Verificatie en validatie overdruksystemen MTK wegtunnels" rapport: V 1159-2-RA-005

BSTTI (hoofdpunten overdrukventilatie)



- BSTTI#10025 voorkomen rook/damp de Veilige Ruimte kunnen binnendringen
- BSTTI#13847 Automatisch geregeld obv drukverschil veilige ruimte en de incidentbuis.
- BSTTI#10030 Bij openen vluchtdeur, geen rookverspreiding naar MTK (1 m/s)
- BSTTI#13849/BSTTI#9707 Overdruk niet te hoog: vluchtdeuren te openen (+20 N)
- BSTTI#10027 Luchtsnelheid in veilige ruimte beperkt tot 2 m/s (5 m/s bij brand > 25 MW)
- BSTTI#10028 Luchtsnelheid in open vluchtdeur < 6,5 m/s (<12 m/s bij brand >25MW)
- BSTTI#10031 Gelijktijdig 30% vluchtdeuren incidentbuis geopend
- BSTTI#13852 Overdrukventilatie mag alleen schone lucht aanzuigen
- BSTTI#4677 Geen roosters tussen vluchtweg en dienstgang binnen 10 m van vluchtdeur
- BSTTI#13853 Regeling ventilatie gebaseerd op alle drukverschillen over vluchtdeuren

•Publicatie “Aanbevelingen ventilatie van verkeerstunnels”



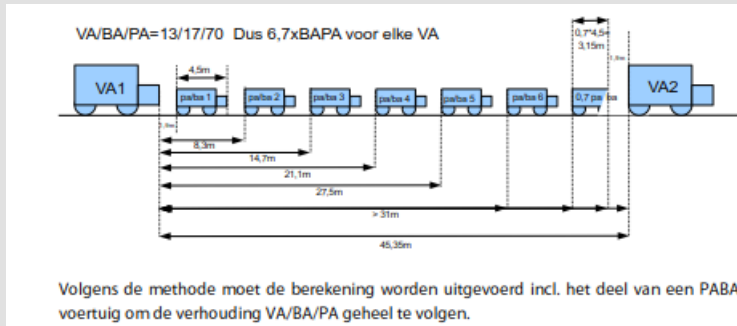
- Ventilatie van de incidentbuis
- Bepaling van de resulterende ventilatiesnelheid in de tunnel obv :
 - stromingsweerstand tunnel: oppervlakte, wandruwheid, lengte
 - brand (omvang/vermogen/locatie)
 - stromingsweerstand van file (% personen, bedrijfs- en vrachtauto's, schaduw)
 - tunnelhelling (hete gassen stijgen op; schoorsteeneffect)
 - uitvoering portalen (aanwezigheid lichtroosters)
 - aanjagers (stuwkracht, positie, aantal, rendement)
- Homogene temperatuur/druk/rookdichtheid op de dwarsdoorsnede

V&V methode

- *Bijzonderheden*
 - dubbele T-splitsing (aansluiting incidentbuis/vluchtdeur/MTK)
 - Ventilatoren overdruksysteem (incl. druk/debiet relatie)
 - Verbinding vlucht/dienstgang (roosters) en vluchtdeuren
 - Vernauwing, verwijding, broekstuk
 - Geïntegreerd berekenen luchtstroming incidentbuis & MTK (40 m³/s)
- *Uitwerking*
 - Knooppuntenmodel met grafische weergave
 - Grafische weergave verloop van druk,temp, snelheid
 - over tunnel, MTK, Dienstgang en vluchtdeuren
 - Samenvattende rapportage
 - invoergegevens en resultaten grafisch en in tabelvorm
 - snelle beoordeling (voldoet aan V&V methode?)

V&V methode

Weerstand file



Weerstand tunnelbuis

$$dP = \lambda \cdot \frac{L}{D_h} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u_t^2$$

met:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left(\frac{r_w}{3,72 \cdot D_h} + \frac{5,2337}{Re^{0,9375} \cdot (r_w/D_h)^{0,0625}} \right) \text{ met}$$

Afkoeling aan tunnelwand

$$\frac{dT}{dx} = \frac{-(h_r + h_c) \cdot O_t \cdot (T_g - T_w)}{\rho \cdot C_p \cdot u_t \cdot A_t}$$

met

$$h_r = \epsilon \cdot \sigma_0 \cdot (T_g + T_w) \cdot (T_g^2 + T_w^2)$$

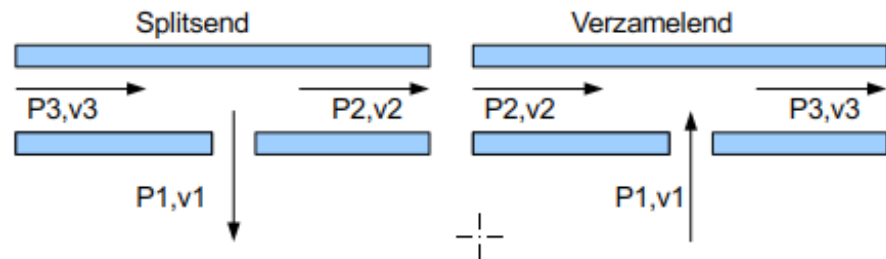
en

$$h_c = \frac{1/8 \cdot \lambda \cdot c_p \cdot \rho \cdot u_t}{1,07 + 12,7 \cdot (Pr^{2/3} - 1) \cdot \sqrt{1/8 \cdot \lambda}}$$

en

$$Pr = \frac{\mu \cdot c_p}{k}$$

Flow bij T-stukken (vluchtdeur)



$$dP_1 = \zeta_1 \cdot \left(\frac{v_3}{v_1}\right)^2 \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_1^2 \quad dP_2 = \zeta_2 \cdot \left(\frac{v_3}{v_2}\right)^2 \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_2^2 \quad [6]$$

met

$$\zeta_{1,2} = a_0 + a_1 \cdot \frac{v_1}{v_3} + a_2 \cdot \left(\frac{v_1}{v_3}\right)^2 + a_3 \cdot \left(\frac{v_2}{v_3}\right) + a_4 \cdot \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^2 + a_5 \cdot \left(\frac{v_1}{v_3}\right) \cdot \left(\frac{v_2}{v_3}\right) \quad [7]$$

Rekenscenario's



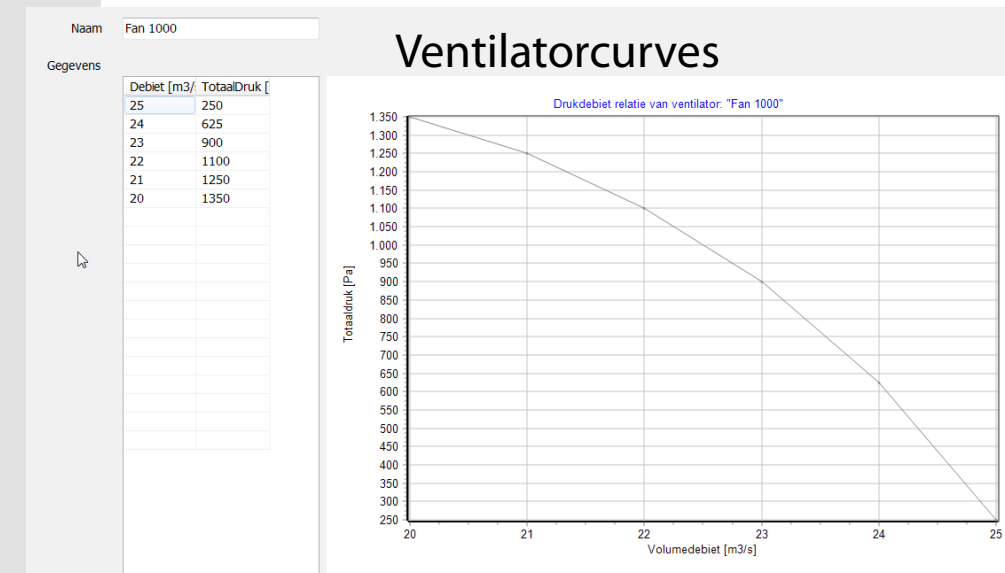
4.2 Te berekenen scenario's

Scenario 1

Brandgrootte	25 MW
Brandlocatie	Bij de vluchtdeur op het diepste punt van de tunnel
Geopende deuren	Uitgangen MTK gesloten (kopdeuren) Totaal 30% van de vluchtdeuren tunnel open: = 1 deur direct na de brand = overige deuren direct aansluitend vóór de brand;

Scenario 2

Brandgrootte	25 MW
Brandlocatie	Bij de vluchtdeur op het diepste punt van de tunnel
Geopende deuren	Uitgangen MTK gesloten (kopdeuren) Totaal 30% van de vluchtdeuren incidentbuis open: = alle 30% deuren aaneengesloten rij, te beginnen direct ná de brand.



V&V methode (overwegingen)

- stationaire methode, met suggestie voor dyn. randvoorwaarden:
 - opstarttijd: 60 s na melding
 - reactietijd bij wijzigingen: 5 s (90%)
==> presentatie Paul Jansen
- geen windinvloeden
- berekening zonder aanwezigheid vluchtende personen
normaal gesproken conservatief voor od-werking
- geen lokale effecten van aanjagersecties
- druk/debiet relatie od-ventilatoren (variantberekeningen)
- wandruwheid (buis en MTK)
- overdrukkelep vs. regeling od-ventilatoren

Scenario's (verificatie ontwerp)

=brandvermogen 5, 25 en 200 MW
 =div. geopende deuren (varianten)

- luchtsnelheid vluchtgang
- luchtsnelheid vluchtdeur
- geen rookverspreiding (1 m/s)



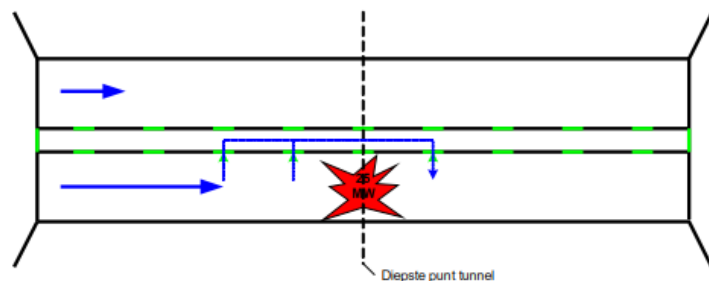
Bijlage IV: Omschrijving van scenario's 1 t/m 15

Legenda scenarioplaatjes.



Bijlage bij rapport V 1159-2-RA

Scenario 1: V&V eis BSTTI#10027 ($v_{vlucht,MTK} \leq 2$ m/s)

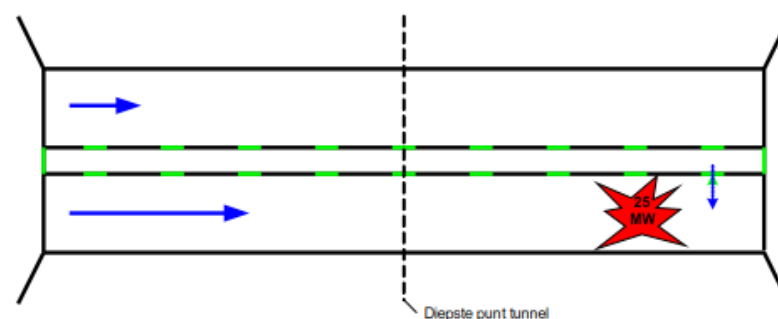


Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Op het diepste punt van de tunnel. Hierdoor treedt het schoorsteeneffect maximaal op waardoor de druk in de incidentbuis direct na de brand nog lager zal zijn, doordat er hogere luchtsnelheden optreden.
Brandgrootte	25 MW. Hoe groter de brand hoe groter het temperatuurverschil en dus hoe groter het schoorsteeneffect en de drukval over de brand.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal deuren minus 1 direct voor de brand en één deur direct na de brand. Hoe meer deuren open voor de brand hoe makkelijker er lucht vanuit de incidentbuis naar het MTK kan stromen. Zie ook volgend aspect.
Locatie open vluchtdeuren	De redenering is dat in de incidentbuis de druk voor de brand relatief hoog is en direct na de brand relatief laag is. Als de aangegeven deuren zijn geopend, dan zal er een luchtstroom ontstaan vanuit de incidentbuis, door het MTK, naar de incidentbuis na de brand. In combinatie met de overdruk in het MTK wordt nu een maximale luchtsnelheid in het MTK verwacht.
kopdeur	Dicht. Om de druk in het MTK zo hoog mogelijk te houden.
opmerking	Scenario 6, waarbij 1 deur voor de brand de rest na de brand, zou ook maatgevend kunnen zijn voor deze eis. Echter, dit scenario is gebruikt ter toetsing "Geen rook in MTK". Daar bij ieder scenario alle eisen getest worden, zal blijken of dit inderdaad het geval is.

Bijlage bij rapport V 1159-2-RA

Scenario 4: V&V eis BSTTI#10028 ($v_{vlucht,deur} \leq 6,5$ m/s)

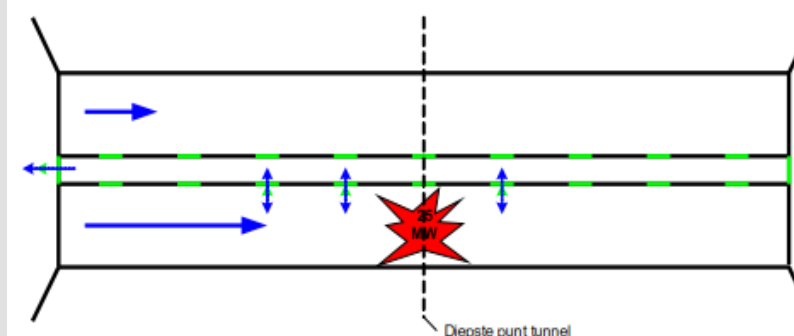


Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Bij de 1 na laatste vluchtdeur. Direct na de brand is de druk relatief laag. Dit effect wordt versterkt daar de brand dicht bij de uitgang is waar atmosferische druk is
Brandgrootte	25 MW. Hoe groter de brand hoe groter het temperatuurverschil en dus hoe groter het schoorsteeneffect, en drukval over de brand.
Aantal open vluchtdeuren	1 open vluchtdeur. Door slechts 1 deur te openen op de plek waar het drukverschil relatief hoog is, zal de luchtsnelheid door de vluchtdeur maximaal zijn.
Locatie open vluchtdeuren	De vluchtdeur direct na de brand.
Kopdeur	Dicht. Om de druk in het MTK zo hoog mogelijk te houden..

Bijlage bij rapport V 1159-2-RA

Scenario 5: V&V eis BSTTI#10025 (Geen rook van incidentbuis naar MTK)



Argumenten voor deze eis-scenario combinatie:

aspect	argument
Locatie brand	Op het diepste punt van de tunnel. Hierdoor treedt het schoorsteeneffect maximaal op waardoor de druk in de incidentbuis direct na de brand nog lager zal zijn, doordat er hogere snelheden optreden.
Brandgrootte	25 MW. Hoe groter de brand hoe groter het temperatuurverschil en dus hoe groter het schoorsteeneffect en de drukval over de brand.
Aantal open vluchtdeuren	30% van het totaal aantal vluchtdeuren. Dit om zoveel mogelijk lucht uit het MTK te verliezen.
Locatie open vluchtdeuren	30%-1 direct voor de brand en één direct na de brand. Zie argument volgend aspect.
kopdeur	Open. Hierdoor wordt het luchtverlies uit MTK vergroot waardoor lagere overdruk. Hierdoor wordt het 'drukverschil tussen MTK en de incidentbuis na brand negatief

Scenario's (beoordeling installatie)

- = Lekoppervlakte MTK / tunnelbuis
- = Luchtstroming door geopende deuren
- = Luchtweerstand MTK (tunnelbuis)
- = controle debiet od-ventilatie
- = max kracht om deur te openen (+20N)



Scenario 19

Brandgrootte	Geen brand
Brandlocatie	Geen brand
Geopende deuren	Uitgang MTK dicht (kopdeuren) 2 vluchtdeuren tunnel open: = 1 deur direct ná een extra aanjaagsectie in de tunnel = 1 deur direct voor die aanjaagsectie Noot: Indien geen extra aanjaagsectie in de tunnel aanwezig is, dan 2 deuren naast elkaar in het midden van de tunnel geopend.
Bijzonderheden tunnel	Lege tunnelbuis, geen file; Tunnelventilatie (calamiteitbuis 100%, ondersteunende buis lagere capaciteit)
Opmerking	Dit scenario is, samen met scenario 20, bedoeld om de inschattingen van de weerstand van de luchtstroming in het MTK en van de stroming door geopende deuren in het rekenmodel te beoordelen.

Scenario 18

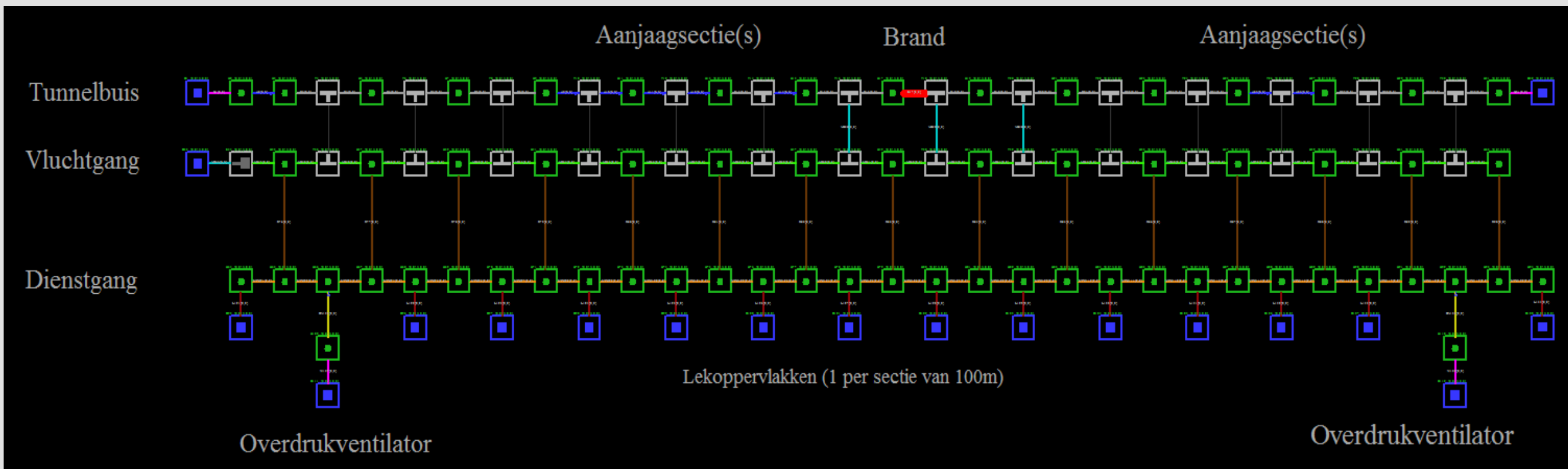
Brandgrootte	Geen brand
Brandlocatie	Geen brand
Geopende deuren	Uitgang MTK dicht (kopdeuren) geen vluchtdeuren in de tunnel open
Bijzonderheden tunnel	Lege tunnelbuis, geen file; langsventilatie in beide tunnelbuizen uitgeschakeld.
Opmerking	Deze variant is met name bedoeld om de inschatting van het lekoppervlak van het MTK te beoordelen.

Scenario 20

Brandgrootte	Geen brand
Brandlocatie	Geen brand
Geopende deuren	Uitgang MTK open (kopdeur: vluchten tegen de rijrichting in) Totaal 30% van de vluchtdeuren tunnel open: = 1 deur direct ná de extra aanjaagsectie in de tunnel = overige 30%-1 deur aaneengesloten direct voor die aanjaagsectie. Indien geen extra aanjaagsectie in de tunnel aanwezig is, dan alle 30% deuren aansluitend rondom het midden van de tunnel geopend.
Bijzonderheden tunnel	– Tunnelventilatie (calamiteitbuis 100%, ondersteunende buis verlaagde capaciteit) – Modelmatige blokkade (dwars staande vrachtwagen) aan het einde van de tunnel aanbrengen, zodanig dat de gemiddelde luchtsnelheid in de calamiteiten buis 4 m/s bedraagt. – lege tunnelbuis (geen file).
Opmerking	De waarde 4 m/s is gekozen als laagste snelheid die in een experiment eenvoudig kan worden ingesteld/gemeten, en waarbij toch een significante drukval over de obstructie zal optreden, en een significante drukopbouw in de tunnel aanwezig is.

Rekentool (Tunnelwijzer)

- Grafische omgeving



Rekentool

- Invoer gegevens en resultaten (per element)

project knoop verbinding issues progress

Gegevens

Naam B4

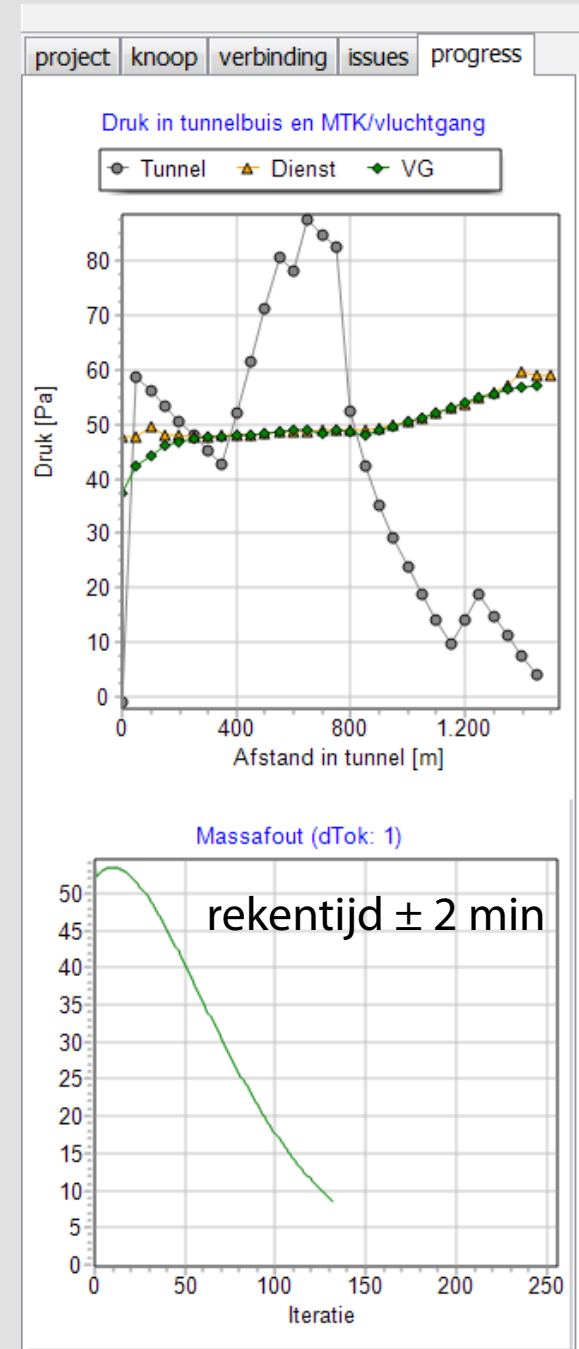
Van T4

Naar K5

Type verbinding Tunnel

Kanaal lengte [m]	50
Wandruwheid [m]	0,002
Kanaal opp. [m ²]	50
Kanaal omtrek [m]	30
Vermogen [MW]	0
File: %VA/PA/BA	20/70/10
File: aantal rijstroken	2
Actief	ja
=====	
Kanaal vFlow [m ³ /s]	111,55
Kanaal mFlow [kg/s]	139,14
Kanaal snelheid [m/s]	2,23
Temperatuur [°C]	10
dP wrijving [Pa]	-0,36
dP schoorsteen [Pa]	0
dP brand [Pa]	0
dP file [Pa]	-2,32
dP aanjager [Pa]	0

- Rekenvoortgang



Rapportage ventilatieberekening conform V&V methode
"Overdrukventilatie Midden Tunnel Kanaal"

Bestand: demotunnel.tfP

Bestandsdatum: 2015-11-01 11:17:02

Project : Voorbeeldmodel tunnel met MTK

Variante : 1

User : jur

Omschrijving

Demo tunnel behorend bij handleiding
=Gescheiden dienstgang en vluchtgang
verbonden met vloerroosters
=Appendages OD ventilatoren verzameld
tot 1 weerstand/drukval
= Brandvermogen 200MW in tunnelbuis
= Drie vluchtdeuren geopend

STATUS BEREKENINGEN

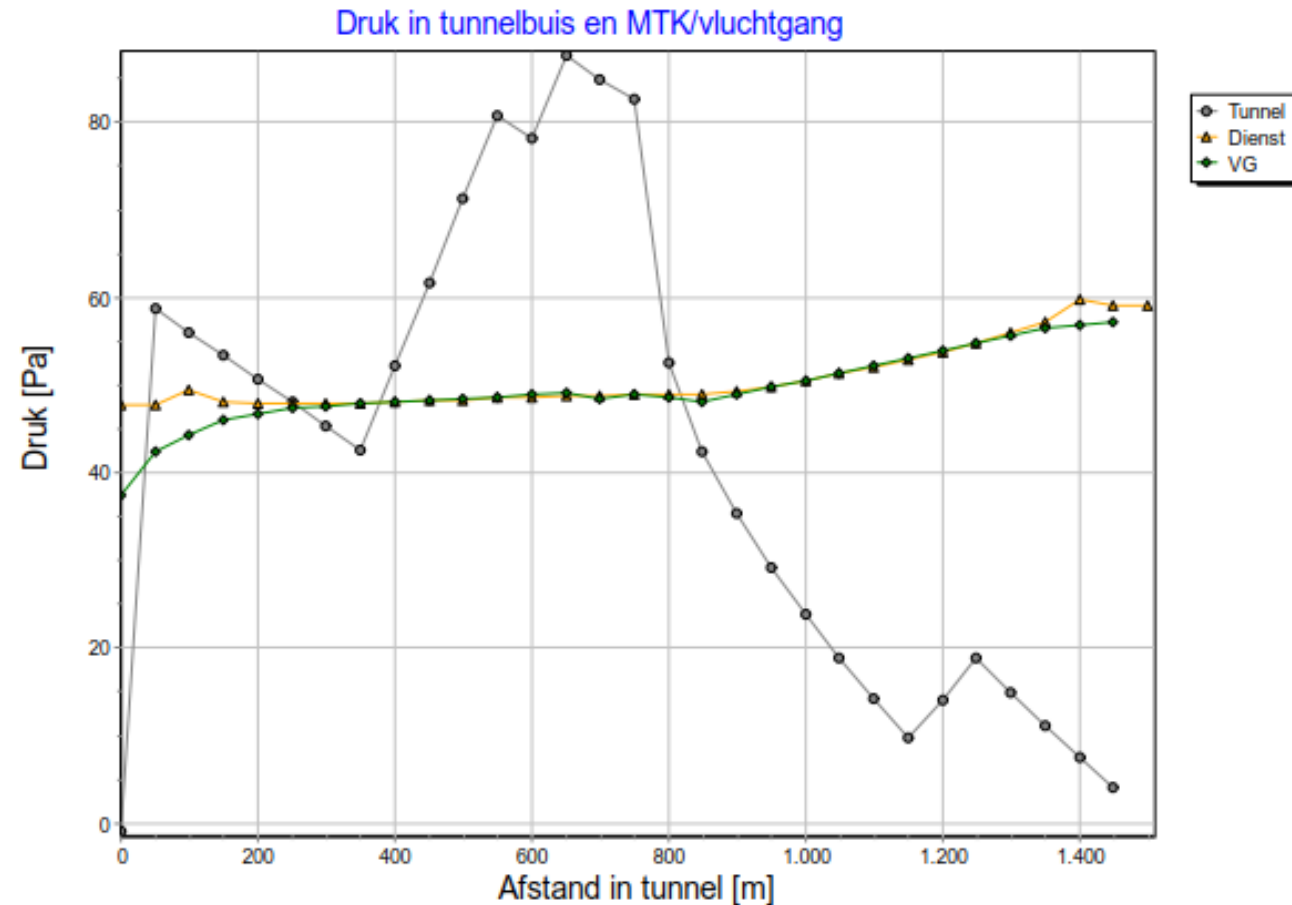
Berekening is correct afgerond

Iteraties: 00736

Tijd [s] : 18,27

Max snelheid vluchtgang: VG47 3,84 m/s

Min.snelheid vluchtdeur: Vmin 2,37m/s



demotunnel.tfp				Kanaal lengte [m]	Wandruwheid [m]	Kanaal opp. [m ²]	Kanaal omtrek [m]	Fan flow [m ³ /s]	Fan snelheid [m/s]	Fan opp [m ²]	Aero rendement [%]	Opstel rendement [%]	Kw factor [-]	Vermogen [MW]	File: %VA/PA/BA	File: aantal rijstroken
VERBINDINGEN: Invoergegevens																
Naam	Van	Naar	Soort													
X1	D1	K2	Portaal	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	K2	K3	Aanjager	50	0,002	50	30	100	25	-	100	100	-	-	20/70/10 2	-
B3	K3	T4	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
B4	T4	K5	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
B5	K5	T6	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
B6	T6	K7	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
B7	K7	T8	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
B8	T8	K9	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
A9	K9	T10	Aanjager	50	0,002	50	30	14	35	-	100	100	-	-	20/70/10 2	-
A10	T10	K11	Aanjager	50	0,002	50	30	14	35	-	100	100	-	-	20/70/10 2	-
A11	K11	T12	Aanjager	50	0,002	50	30	14	35	-	100	100	-	-	20/70/10 2	-
A12	T12	K13	Aanjager	50	0,002	50	30	14	35	-	100	100	-	-	20/70/10 2	-
B13	K13	T14	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
A14	T14	K15	Aanjager	50	0,002	50	30	14	35	-	100	100	-	-	20/70/10 2	-
B15	K15	T16	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
B16	T16	K17	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
B17	K17	T18	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	200	20/70/10 2	-
B18	T18	K19	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
B19	K19	T20	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-
B20	T20	K21	Tunnel	50	0,002	50	30	-	-	-	-	-	-	-	20/70/10 2	-

Demo Tunnelwijzer

PEUTZ