

Nooduitgang

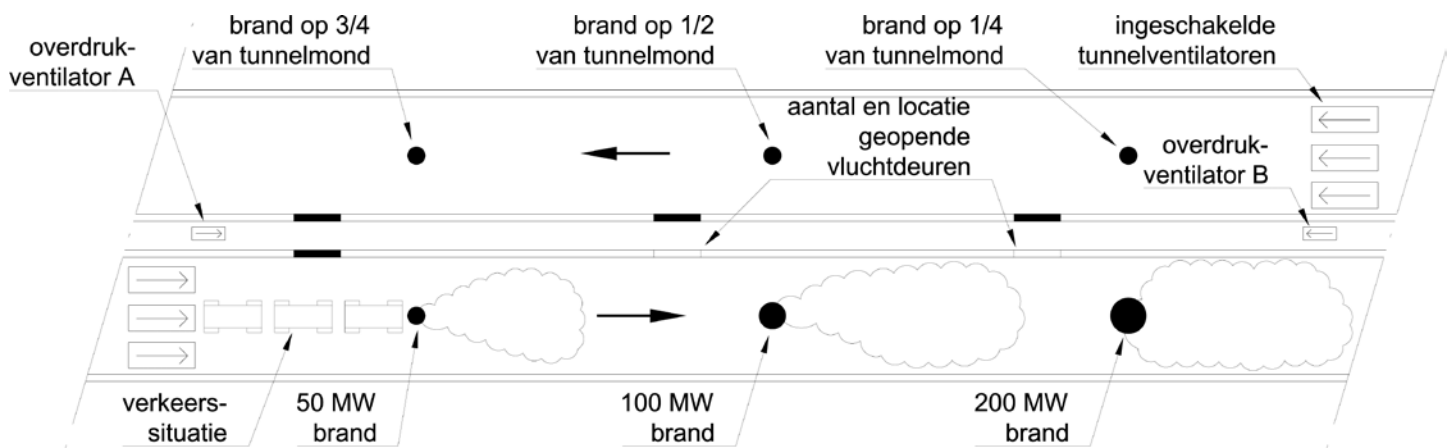
Pas op
Er kan nog verkeer rijden



Dynamisch gedrag van het ventilatiesysteem

Nieuwe aanpak veilige vluchtweg

De definitie van een veilige vluchtweg is vaak onderwerp van discussie, maar zeker is dat het overdrukventilatiesysteem hier een cruciale rol in speelt. Traditioneel worden overdruk- en tunnelventilatiesystemen als een standalone-installatie beschouwd. Ontwerpberekeningen van overdrukventilatiesystemen worden gemaakt op basis van verouderde aannames, vuistregels en sterke vereenvoudigingen. Met deze traditionele benadering wordt voorbij gegaan aan het dynamisch gedrag van het ventilatiesysteem als geheel en dat leidt mogelijk, onbedoeld, tot een minder veilige vluchtweg.



Figuur 1: Variabelen in (niet-)incidentbuis en vluchtweg

Royal HaskoningDHV heeft samen met haar partner voor het project Coentunnel onderzoek uitgevoerd naar een meer verfijnde methode, waarbij het tunnelventilatie- en overdrukventilatiesysteem als één geïntegreerd ventilatiesysteem is beschouwd. Het onderzoek heeft uiteindelijk geleid tot een nieuwe ontwerpaanpak van een veilige vluchtweg. Met deze nieuwe ontwerpaanpak is het nu mogelijk om voor elk denkbaar scenario luchtstromen en luchtdrukken over de gehele tunnelconstructie in kaart te brengen. Deze mogelijkheid heeft voor verschillende projecten al zijn meerwaarde bewezen.

Contracten worden vandaag de dag steeds vaker gebaseerd op functionele eisen en minder op voorgeschreven specificaties zoals bij traditionele bestekken. In elke projectfase dienen opdrachtnemers voor elke ontwerpkeuze aan te tonen dat zij voldoen aan deze functionele eisen. In de praktijk blijkt dit een lastige taak voor opdrachtnemers, vooral bij het overdrukventilatiesysteem. De nieuwe ontwerpaanpak maakt het mogelijk om contracteisen voor een veilige vluchtweg op eenvoudige wijze aan te tonen. Vanuit opdrachtgevers perspectief kunnen contracteisen vóór aanbesteding worden getoetst op haalbaarheid.

Contracteisen

Contracten stellen voor een veilige vluchtweg doorgaans de volgende eisen:

- De maximale openingskracht van een vluchtdoor bedraagt 100 N. De openingskracht wordt, in overleg met de leverancier van de vluchtdoors,

vertaald naar een maximaal toelaatbaar drukverschil over een gesloten vluchtdoor;

- De vluchtweg dient te allen tijde rookvrij te blijven. Een hogere druk in de vluchtweg ten opzichte van de rookzone in de incidentbuis betekent een rookvrije vluchtweg;
- Luchtsnelheden in deuropeningen en in de vluchtweg mogen geen maximale waarden overschrijden.

Om aan te kunnen tonen dat het overdrukventilatieontwerp aan bovenstaande contracteisen voldoet, moeten voor verschillende scenario's drukverschillen en luchtsnelheden over de gehele lengte van de vluchtweg in kaart worden gebracht. Een scenario is een combinatie van de situatie in de verkeersbuis en de situatie in de vluchtweg. De situatie in de verkeersbuis hangt af van variabelen zoals brandlocatie, brandgrootte, file, bedrijfsvoering tunnelventilatoren en omgevingsinvloeden nabij de tunnelmonden. De situatie in de vluchtweg hangt af van het aantal geopende vluchtdoors, locatie van geopende vluchtdoors en de bedrijfsvoering van de overdrukventilatoren.

Figuur 1 toont de genoemde variabelen in de vorm van een schets. Duidelijk is dat er met de vele variabelen talloze scenario's mogelijk zijn. Daarom is het belangrijk om van tevoren in goed overleg te bepalen welke scenario's interessant zijn om te beschouwen. Ervaring heeft geleerd dat de eerste resultaten kunnen leiden tot nieuwe inzichten, die kunnen worden meegenomen in de vervolgsenario's. Op deze manier wordt essentiële kennis vergaard

over het gedrag van het complete ventilatiesysteem.

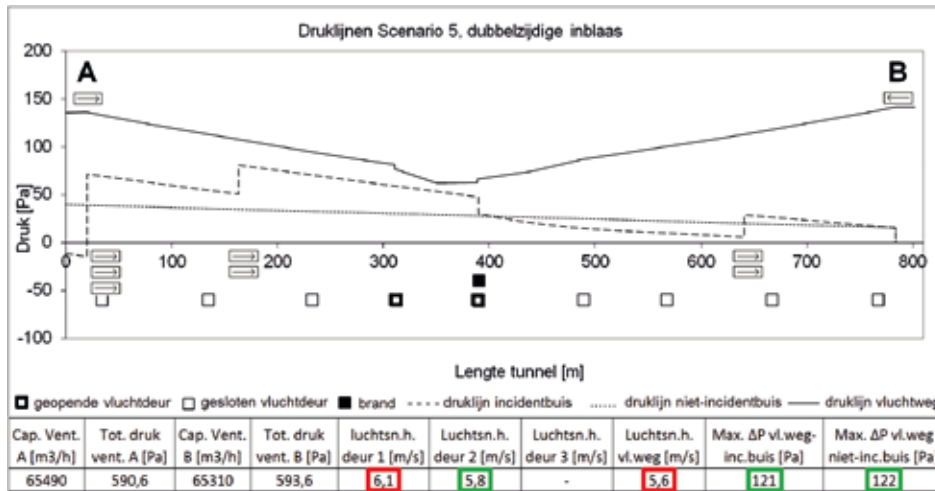
Bepaling druklijnen

Om inzicht te krijgen in het complexe gedrag van het ventilatiesysteem, is het noodzakelijk om de druklijn van de tunnelventilatie in de (niet-)incidentbuis en de druklijn van de overdrukinstallatie in de vluchtweg te bepalen. De druklijn in de (niet-)incidentbuis volgt uit het tunnelventilatie-ontwerp, dat vaak gebaseerd is op ventilatieberekeningen met het programma ProTuVem. Voor bepaling van de druklijn in de vluchtweg wordt een 1D-simulatieprogramma gebruikt, waarin rekening wordt gehouden met lekkage-oppervlakken rondom vluchtdoors en per meter vluchtwegconstructie.

Als de druklijnen over de gehele lengte tegen elkaar worden afgezet, kunnen op eenvoudige wijze drukverschillen en luchtstromingen op elke willekeurige locatie in de vluchtweg worden bepaald. Omdat de druklijnen voor elk scenario een specifiek verloop over de lengte hebben, geldt op elke locatie in de vluchtweg een specifiek drukverschil. Nu is het mogelijk om voor elk scenario aan te tonen dat het ontwerp voldoet aan de geldende eisen voor een veilige vluchtweg.

Figuur 2 laat een voorbeeld grafiek zien van een specifiek scenario: brandlocatie in het midden van de tunnel, twee geopende vluchtdoors (dikke vierkantes) stroomopwaarts van de brand en beide overdrukventilatoren in bedrijf.

Hieruit is af te leiden dat bij een dubbelzijdige inblaas met vermelde inblaasdebieten, er over de gehele lengte van de



Figuur 2: Voorbeeld grafiek specifiek scenario met twee geopende vluchtdeuren stroomopwaarts van de brand

vluchtweg een overdruk heerst. Echter wordt op twee locaties de maximaal toelaatbare luchtsnelheid overschreden, dan voldoet dit scenario niet aan de eisen.

Toepassing

De nieuwe aanpak kan worden toegepast voor het vervaardigen van een overdrukventilatie-ontwerp, maar ook voor de toetsing van een bestaand ontwerp. Ontwerpkeuzes zoals de wijze van inblazen (direct in de vluchtweg of via de dienstgang), het aantal en de locatie van inblaaspunten in de vluchtweg, kunnen eenvoudig worden onderbouwd. Scenario's zoals uitval van een overdrukventilator of half gesloten vluchtdeuren behoren ook tot de mogelijkheden. In het 1D-simulatieprogramma waarmee druklijnen in de vluchtweg worden bepaald, is het mogelijk om verschillende ventilatorcurven in te voeren. Het is zelfs mogelijk om per ventilator toerentallen aan te passen. Hierdoor ontstaat een breed veld van aanvullende toepassingsmogelijkheden. Bijvoorbeeld de bepaling van het aansturingsprincipe: op basis van drukverschillen, het aantal geopende

vluchtdeuren of op basis van een vast toerental (met afblausvoorziening). Ook in de testfase levert de nieuwe aanpak een bijdrage aan verificatie van contracteisen. Site Acceptance Tests vinden meestal plaats zonder werkelijke tunnelbrand. Door ook scenario's zonder tunnelbrand te simuleren, is het mogelijk om rekenresultaten te toetsen aan de praktijk. Een positieve uitkomst geeft een goede indicatie dat het overdrukventilatiesysteem in scenario's met tunnelbrand zorgt voor een veilige vluchtweg.

Resultaten tot nu toe

Naast een beter begrip van het gedrag van het overdrukventilatiesysteem in relatie tot het tunnelventilatiesysteem, heeft de nieuwe aanpak al geleid tot nieuwe inzichten. Voor elke specifieke tunnelconstructie zal moeten worden gezocht naar een balans tussen voldoende overdruk en niet te hoge luchtsnelheden. Zo is aangetoond dat het in sommige scenario's niet mogelijk is om tegelijkertijd aan de contracteisen voor een veilige vluchtweg te voldoen. Dit blijkt uit figuur 2. Met het verlagen van het ingeblazen

luchtdebiet kunnen luchtsnelheden worden verlaagd, waardoor wel wordt voldaan aan de luchtsnelheidseisen. In dat geval is echter de verlangde overdruk over de gehele vluchtganglengte niet meer toereikend. In een tunnel zijn drukken en luchtsnelheden natuurkundig en bouwkundig - met een vaste relatie - aan elkaar verbonden. Het aanpassen van één variabele om te kunnen voldoen aan een eis, heeft direct gevolgen voor het voldoen aan andere daarmee samenhangende eisen.

Het overdrukventilatiesysteem blijkt een gevoelig en complex systeem te zijn. Door kleine veranderingen in drukken of luchtstromingen kan het systeem een compleet ander gedrag vertonen. In sommige scenario's kunnen enorme luchtstromen de vluchtweg binnentreden via een geopende vluchtdeur, om deze vervolgens weer te verlaten via de volgende geopende vluchtdeur. Dit betreft 'schone lucht' omdat dit zich stroomopwaarts van de brand afspeelt. De omvang van de optredende luchtstromen kan het ingeblazen ventilatordebiet echter eenvoudig overschrijden. Men kan zich afvragen of dit een vluchtweg onveilig maakt, zolang de maximaal toelaatbare luchtsnelheden niet worden overschreden.

Toekomst

Een volgende stap is het in kaart brengen van het dynamisch gedrag van het complete ventilatiesysteem, door aanpassing van variabelen tijdens simulatie. Voorbeelden zijn het inschakelen of uitvallen van overdrukventilatoren en het openen en/of sluiten van vluchtdeuren of afblausvoorzieningen. ■

Sander Boekelman, Adviseur Intelligent Transport Services, Royal HaskoningDHV