

## ***Fysieke veiligheid bij meervoudig ruimtegebruik***

dr. ir. S.I. Suddle

Stadsgewest Haaglanden, Bureau Externe Veiligheid Haaglanden & TU Delft, OTB.

*Dr. ir. S.I. Suddle is civiel ingenieur met als specialisatie Bouwtechniek & Bouwproces. In 2001 studeerde hij af bij de sectie Gebouwen en Bouwtechniek van de faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen. Van mei 2001 tot 2005 was hij onderzoeker aan de TU Delft op het gebied van fysieke veiligheid bij meervoudig ruimtegebruik. Op 13 oktober 2004 promoveerde hij op dat onderwerp. Parallel aan zijn promotieonderzoek werkte hij als projectleider/constructeur bij Corsmit Raadgevend Ingenieursbureau in Rijswijk. Sinds september 2004 is hij adviseur externe veiligheid bij het Stadsgewest Haaglanden en de Hulpverleningsregio Haaglanden.*



Dames en heren, van harte welkom bij de lezing ‘Fysieke veiligheidsaspecten bij meervoudig ruimtegebruik’. In deze lezing zal ik ingaan hoe de problematiek fysieke veiligheid en meervoudig ruimtegebruik op wetenschappelijke wijze benaderd kan worden. Ik ga iets dieper in op de technische veiligheidsaspecten bij meervoudig ruimtegebruik, omdat ik hiernaar een promotieonderzoek heb gedaan. De onderwerpen die ik zal behandelen zijn:

- Intensief en meervoudig ruimtegebruik
- Fysieke veiligheid/veiligheidsbelaste locaties
- Veiligheid in de bouwfase
- Veiligheid in de exploitatiefase
- 3D-risicobenadering
- Maatregelen voor de exploitatie
- Slotwoord

## Inleiding

Door het toenemende gebrek aan beschikbare ruimte zijn in West-Europa projecten gerealiseerd waarbij intensief met ruimte is omgegaan. Binnen een beperkte ruimte worden verschillende functies bij of boven elkaar gerealiseerd: intensief en meervoudig ruimtegebruik. Een van de uitgangspunten van het Nederlandse ruimtelijke ordeningsbeleid is om de zogenaamde overgebleven 'lege' groene gebieden, die onder andere dienen als recreatie voor de inwoners van dichtbevolkte steden, zo lang mogelijk te behouden. We hebben gebrek aan ruimte, maar we willen meer groen en meer ruimte.



**stadsgewest Haaglanden** Hulpverleningsregio Haaglanden

GHOR

## Inleiding

- Gebrek aan ruimte...
- Behoud van schaars groen...
- Meer groen...
- Toenemende welvaart
- Bundeling van verstedelijking & infrastructuur
- Stedelijke vitaliteit
- Bereikbaarheid
- Groei mobiliteit
- (...)

Compacte en complete steden (wonen, werken en recreëren)

**Meervoudig Ruimtegebruik**

De Vijfde Nota op de Ruimtelijke Ordening gaat in op deze ontwikkelingen. In deze Nota wordt ervoor gepleit om functies te combineren, te intensiveren en te transformeren binnen de stedelijke contouren. De verwachting is dat hierdoor niet alleen het gebruik van de ruimte wordt gemaximaliseerd, maar dat ook de verkeersbewegingen worden gedempt en de groene ruimten gespaard blijven. Dit levert een belangrijke bijdrage aan de ruimtelijke kwaliteit. Deze gedachte kan conflicteren met voornemens uit het vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4). Daaruit blijkt juist dat meer ruimte voor veiligheid noodzakelijk kan zijn. Om risico's te beheersen gaat het NMP4 ervan uit dat een keuze gemaakt moet worden tussen de ruimtelijke ontwikkeling en de risicovolle activiteit. In de praktijk blijkt dit niet altijd mogelijk te zijn.

In Nederland willen wij compacte en complete steden, met alles erop en eraan. Dat betekent wonen, werken én recreëren binnen de stadsgrenzen. Bovendien hebben we er baat bij dat de afstand tussen deze drie activiteiten minimaal is. Een van de oplossingen om dit te realiseren is het toepassen van meervoudig ruimtegebruik: het bouwen boven wegen, sporen en bestaande gebouwen. Ter illustratie hiervan zijn in dit verslag foto's opgenomen van gebouwen boven wegen en sporen uit Londen, Parijs, Duitsland en Japan.

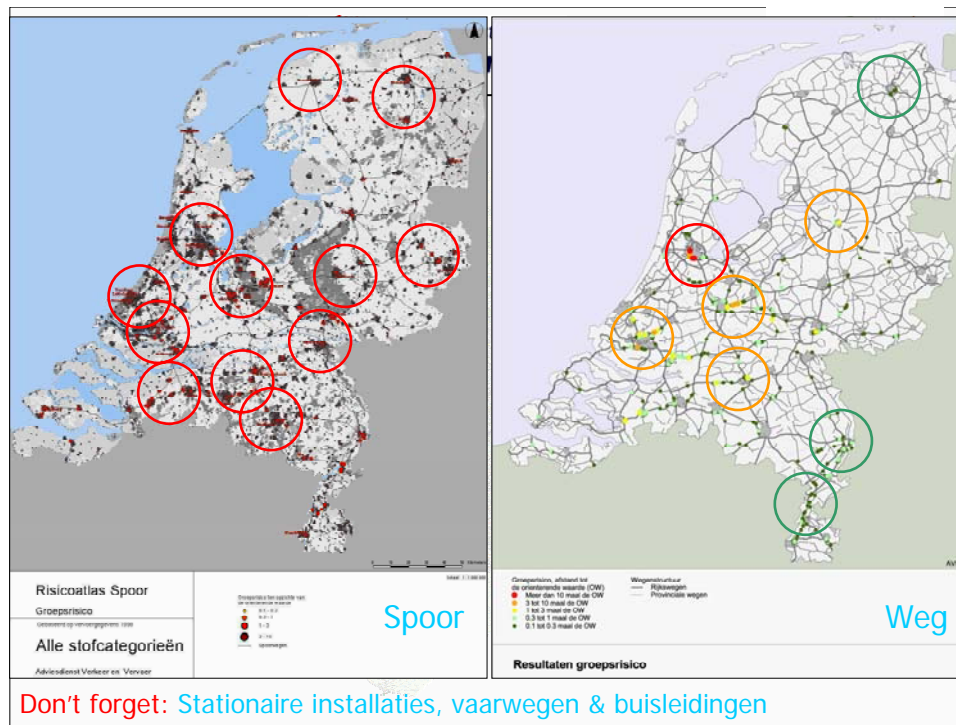


Ook Nederland kent projecten met meervoudig ruimtegebruik. Bij het bouwen langs wegen en sporen speelt mee, dat de veiligheid van deze gebieden wordt bedreigd door het transport van gevaarlijke stoffen door deze gebieden. Dit heeft tot gevolg dat nieuwbouwplannen op dergelijke locaties niet worden uitgevoerd (bijvoorbeeld in Dordrecht), of ondanks het dreigende gevaar toch worden verwezenlijkt (bijvoorbeeld in Bos en Lommer in Amsterdam). Dat betekent ook dat als zo'n rijdende tijdbom op een gegeven moment explodeert onder dat prachtige Bos-en-Lommergebouw, het gebouw en zijn bewoners kilometers ver weg worden geslingerd. Een andere variant is het kantoorgebouw van Unilever boven een chemische installatie in Rotterdam. Andere voorbeelden in Nederland zijn de Utrechtse baan in Den Haag, de Kubuswoningen in Rotterdam en de spoortunnel in Rijswijk.



### Fysieke veiligheid en veiligheidsbelaste locaties

Het nationale veiligheidsissue gaat soms gepaard met risico's op projectniveau: door het stapelen van transport- en verblijffuncties, zoals infrastructuur en bebouwing, kan een klein ongeluk leiden tot een ramp. De complexiteit van het systeem vraagt om extra aandacht voor de veiligheid. Bovendien is de publieke opinie met betrekking tot veiligheid op scherp gesteld door een aantal recente (inter)nationale rampen. Veiligheid bij meervoudig ruimtegebruik is daarom een zeer relevant speerpunt.



In feite zijn alle veiligheidsbelaste locaties knooppunten bij zowel sporen als wegen bij de grote steden veiligheidsbelaste locaties. Dit zijn plaatsen waar we willen verdichten, intensiveren en combineren, en waar meestal het transport van gevaarlijke stoffen plaatsvindt. Sterker nog: de trend is om zelfs te intensiveren boven en langs stationaire installaties, vaarwegen en buisleidingen. In Haaglanden bijvoorbeeld loopt een CO<sub>2</sub>-leiding dwars door woonwijken. Terwijl men in de nabijheid van deze leiding wil verdichten of er soms zelfs bovenop bouwen. Met welke aspecten moeten we rekening houden als het gaat om externe veiligheid? Veel mensen denken dat een vorm van ontsporen niet per se onveilig is. Aan de hand van een voorbeeld met foto's van een treinongeluk in Japan wordt geïllustreerd dat dit wel degelijk het geval kan zijn. In dit voorbeeld is een trein ontspoord die vervolgens bijna de kolom van een naastliggend flat onderuit heeft gereden.



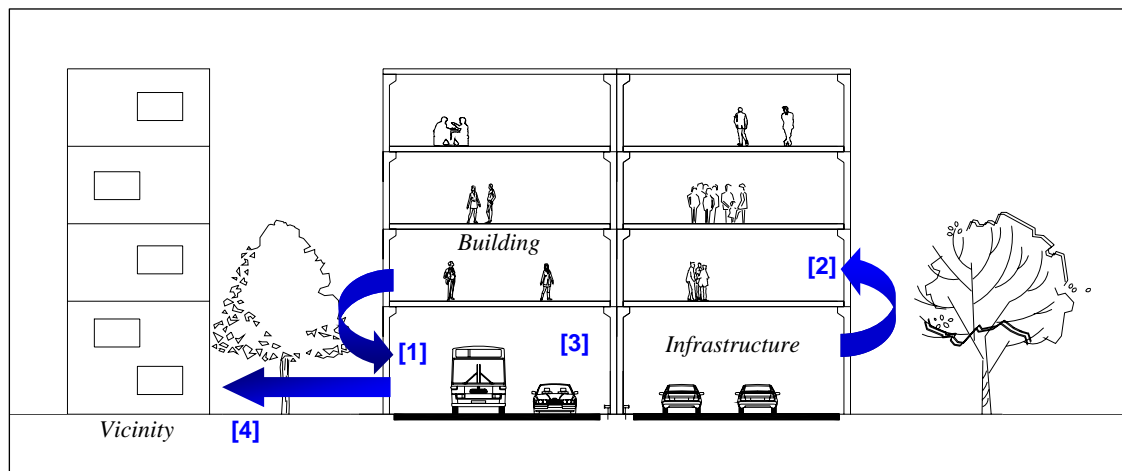
### *Veiligheid in de bouwfase*

Bouwen in een weiland kent nauwelijks problemen. Wordt er gebouwd in een omgeving waar sprake is van intensief en meervoudig ruimtegebruik, dan kunnen zich grote problemen voordoen. Dat heeft bijvoorbeeld de bouw van gebouwen op de Utrechtse Baan aangetoond. De problemen ontstaan meestal doordat de onderliggende infrastructuur tijdens de bouw van het gebouw in gebruik blijft. Eén van de grootste gevaren tijdens de bouwfase van dergelijke projecten is dat vallende voorwerpen de veiligheid van derden (mensen die zich op de infrastructuur bevinden) in gevaar brengen. Een scala van vallende objecten kan naar beneden vallen: delen van een steiger, boutjes, moertjes, bekistingen, gebouwdelen, balken, hamers en bouwvakkers. Dit betekent dat de bouwlogistiek en de bouwmethode aangepast moet worden om ervoor zorgen dat die vallende elementen niet terechtkomen op de weg onder het gebouw. Kosteneffectieve maatregelen tegen deze vallende voorwerpen zijn ofwel constructief, zoals het toepassen van een opvangvloer, ofwel logistiek van aard, zoals het omleiden van het verkeer. Constructieve maatregelen kunnen dikwijls worden ingepast in het functionele of architectonische ontwerp van het gebouw, waarmee tevens kosten kunnen worden bespaard. Ook een punt waarmee rekening gehouden moet worden, is de bereikbaarheid van hulpverleningsdiensten tijdens de bouw, met name bij brand in de overkapping of het gebouw.



### Veiligheid in de exploitatiefase

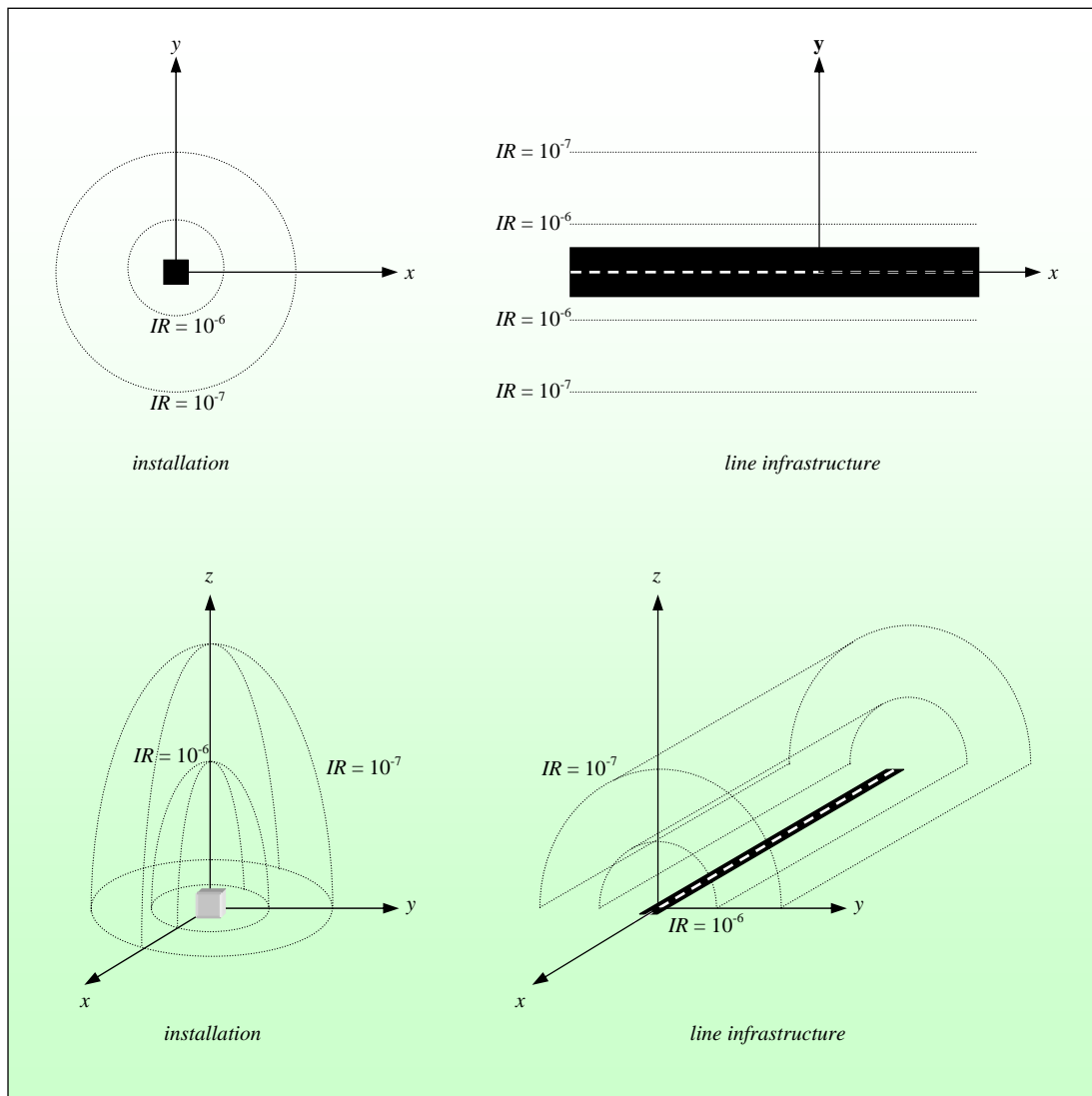
De bouwfase wordt gevolgd door de exploitatiefase, waarbij het gebouw boven de infrastructuur in gebruik is. Ook in de gebruiksfase kunnen vallende objecten de veiligheid van weggebruikers in gevaar brengen, maar het grootste risico zijn mogelijke calamiteiten op de weg of het spoor. De gevolgen van deze calamiteiten kunnen versterkt worden als er sprake is van ongelukken met giftige of brandbare stoffen. De mogelijke scenario's tijdens de exploitatiefase bij dergelijke projecten zijn: aanrijdingen, branden, explosies en het vrijkomen van toxische gassen (afnemend in kans van optreden en toenemend in gevolg). Het optreden van deze scenario's hangt niet af van het al dan niet overbouwd zijn van de infrastructuur. De gevolgen van deze scenario's kunnen echter wel totaal verschillend zijn, waardoor het resulterende risico alsnog kan verschillen. De benadering van de veiligheid bij bouwen boven infrastructuur kan worden verdeeld in vier risico-interacties (zoals weergegeven in tabel 4). Deze risico-interacties van de 'gebieden' zijn in de figuur hieronder aangegeven met pijlen. Risico-interacties [1], [2] en [4] zijn vormen van externe veiligheid, terwijl risico-interactie [3] betrekking heeft op de interne veiligheid in de overbouw (tunnelgedeelte).



Risicocategorie	Omschrijving	Vormen van veiligheid
[1]	de effecten van een calamiteit in het vastgoed op de onderliggende infrastructuur	Externe veiligheid
[2]	de effecten van een calamiteit bij de infrastructuur op de bovenliggende bebouwing	Externe veiligheid
[3]	de veiligheid bij een calamiteit binnen de infrastructuur	Interne veiligheid
[4]	de effecten van een calamiteit bij de infrastructuur op de omgeving	Externe veiligheid

### 3D-risicobenadering

In het verleden was het gebruikelijk om langs (en niet boven) wegen, sporen en installaties te bouwen. Het modelleren in de derde dimensie was dus overbodig. Daarom werden tot op heden de resultaten van een risicoanalyse gemodelleerd en gevisualiseerd in tweedimensionale risicocontouren. Zoals eerder gesteld, beïnvloedt de overbouw van de infrastructuur de interne en de externe risico's van de infrastructuur. Bij een modellering van individueel en groepsrisico bij het stapelen van functies is een driedimensionale risicobenadering dan ook onontbeerlijk. Hierbij wordt aan de risicocontouren in het platte  $x,y$ -vlak in open lucht een derde dimensie  $z$  toegevoegd. De exacte vorm van de risicocontour in de  $z$ -as hangt af van de mogelijke scenario's die kunnen optreden in de installatie of op de infrastructuur. Deze zijn te bepalen aan de hand van CFD-berekeningen.

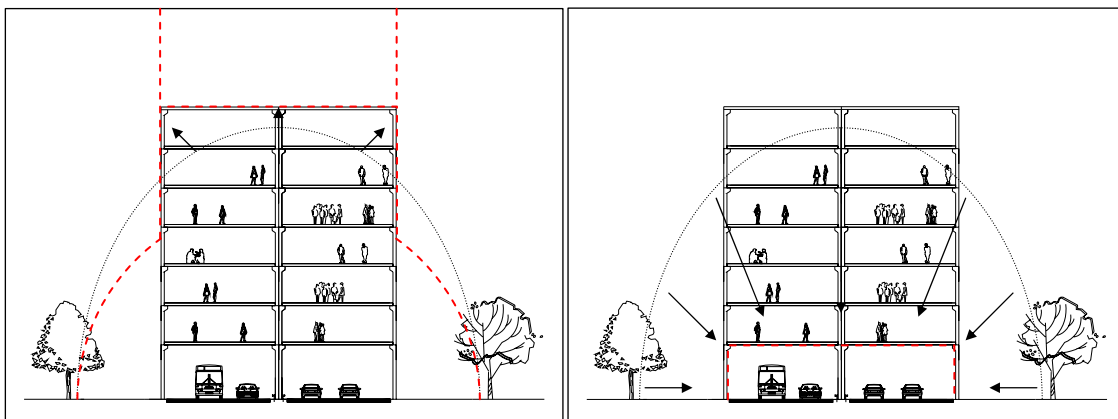


Bij een overbouw wordt de risicomodellering in de derde dimensie veel complexer. Bij de driedimensionale risicobenadering is het bezwijken van het gebouw boven de infrastructuur een cruciaal scenario. Allereerst dient opgemerkt te worden dat de gevolgen van scenario's in de overkapping anders zijn dan in open lucht.



Daarnaast moet bij het modelleren in de derde dimensie rekening gehouden worden met de hoogteligging van de infrastructuur, de overbouwingslengte en de dwarsdoorsnede van een overkapping.

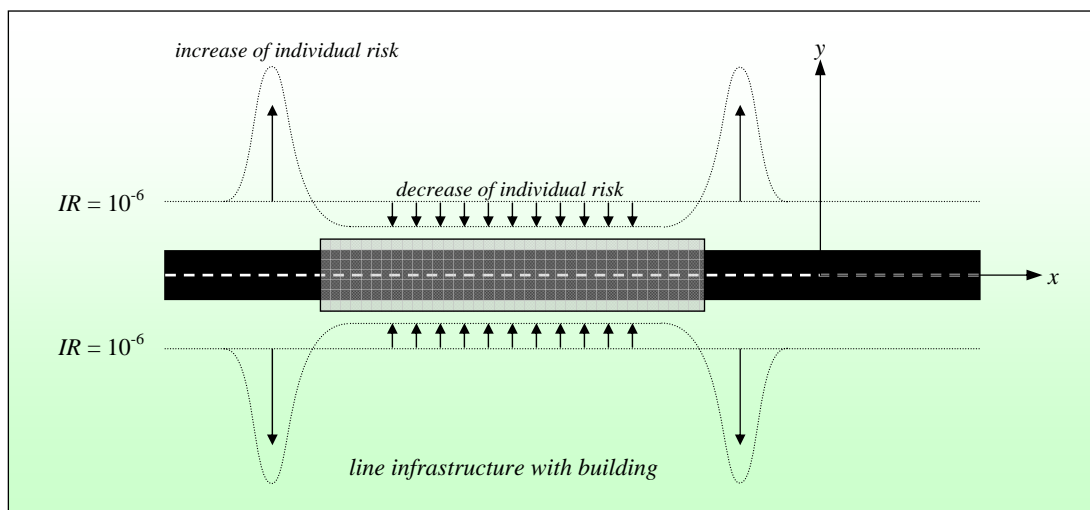
In tegenstelling tot wat vaak wordt aangenomen, wordt met behulp van de driedimensionale risicobenadering aangetoond dat het stapelen van functies niet per definitie leidt tot een groter risico. Zo kunnen op de plek van de overbouw de externe risico's afnemen, terwijl deze intern sterk kunnen toenemen. Het effect van een explosie kan zich bijvoorbeeld vertalen in het bezwijken van het gebouw boven de infrastructuur. Bij het vrijkomen van toxische gassen kunnen deze echter omsloten worden in het tunnelgedeelte (zie figuur 8). In figuur 8 is de zwarte gestippelde lijn een doorsnede van de 3D-risicocontour van de halve cilinder in open lucht van figuur 6 rechtsonder. De rode gestreepte lijn is de nieuwe 3D-risicocontour na de overbouw.



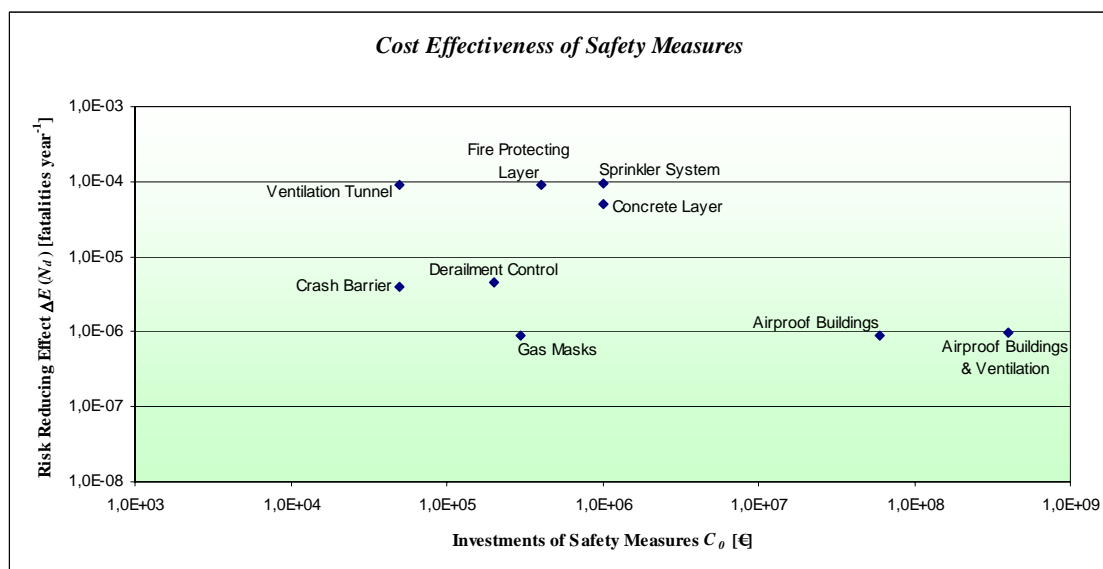
Een voorbeeld van een 3D-benadering van risico's voor explosies (links): door een mogelijke explosie op de infrastructuur kan het gebouw erboven bezwijken. Het risico voor het vrijkomen van toxische gassen: wordt omsloten in het tunnelgedeelte (rechts).

### *Maatregelen voor de exploitatie*

Maatregelen verhogen normaliter de veiligheid. Door het nemen van risicoreducerende maatregelen wordt een bepaald (acceptabel) risiconiveau behaald. Deze maatregelen kunnen betrekking hebben op de kans op en/of de gevolgen van een calamiteit. In feite dienen de veiligheidsmaatregelen van de veiligheidsketen pro-actief geïntegreerd te worden in het ontwerp. Bovendien moeten deze functionele, constructieve en mensverbonden maatregelen bij meervoudig ruimtegebruik vergeleken worden met de kosteneffectiviteit hiervan. Een voorbeeld van een functionele maatregel is het variëren van de overbouwingslengte. Bij een langere overbouwingslengte kan het risico lokaal afnemen bij het vrijkomen van toxische gassen, terwijl aan de tunnelmonden het risico groter kan zijn dan in de initiële situatie zonder bebouwing boven infrastructuur.



Het effect van een set maatregelen kan bepaald worden voor de vier mogelijk optredende scenario's tijdens de exploitatiefase (aanrijdingen, branden, explosies en het vrijkomen van toxische gassen). De maatregelen tegen brand kunnen zijn: brandwerende bekleding, een toegevoegde betonnen laag, ventilatie in de overkapping, een sprinklersysteem, vluchtmogelijkheden in het gebouw en in de overkapping en het vergroten van de doorsnede van de overkapping. Een maatregel tegen de piekoverdruk van explosies kan het toepassen van een stalen overkapping van de infrastructuur zijn. Een maatregel tegen het vrijkomen van toxische gassen kan het overkappen van infrastructuur over een grote lengte zijn. Andere mogelijkheden om de blootstelling van de toxische gassen tegen te gaan is het realiseren van luchtdichte gebouwen, al dan niet met een aangepast intern ventilatiesysteem. Maatregelen tegen mechanische botsingen kunnen variëren van vangrails tot ontspringgeleidingen, al dan niet met onafhankelijk funderen van het gebouw boven de infrastructuur. Opgemerkt moet worden dat sommige maatregelen voor een bepaald belastingstype gunstig zijn, terwijl ze voor andere belastingen geen effect of zelfs in sommige gevallen een negatief effect hebben. Vervolgens kunnen de kosten van deze maatregelen en het risicoreducerend effect worden bepaald.



Hieruit blijkt dat de maatregelen tegen brand en aanrijdingen op kosteneffectieve wijze kunnen worden genomen. Maatregelen aan gebouwen tegen toxische gassen kunnen weliswaar worden uitgevoerd, maar blijken duur te zijn. Maatregelen tegen explosies zijn, zowel in constructief als in financieel opzicht, zeer moeilijk te realiseren. Het scheiden van verblijfs- en transportfuncties kan een kosteneffectieve en een logistieke maatregel zijn, als er mogelijkheden zijn voor het vervoeren van gevaarlijke stoffen op alternatieve transportroutes.

#### *Slotwoord*

Veiligheid is en blijft een complex begrip, zeker bij meervoudig ruimtegebruik. Het in kaart brengen van risico's in de bouwfase en de driedimensionale benadering voor de risico's in de exploitatiefase onderstreept deze stelling. Grote concentraties mensen betekent dat een klein ongeluk kan leiden tot een grote ramp. 3D-risicomodellering bij intensief ruimtegebruik is van belang om risico's te bepalen. In feite zou meervoudig ruimtegebruik moeten dienen om de structurele veiligheid te vergroten. Maatregelen daarvoor zijn essentieel. Het treffen van veiligheidsmaatregelen, ondanks hun marginale effect, duidt erop dat veiligheid meer een randvoorwaarde is dan een financieel aspect. Deze maatregelen moet men integreren, optimaliseren en delibereren in het ontwerp. Integreren van maatregelen betekent ontwerpgericht denken en veiligheidsgeïntegreerd ontwerpen. Optimaliseren van maatregelen bepaalt de kosteneffectiviteit hiervan. Delibereren van maatregelen geeft inzicht in de afweging van bijvoorbeeld politieke, tijdsgebonden en milieugebonden aspecten. Er kan meer dan met normen alleen. Veiligheid is een voorwaarde om meervoudig ruimtegebruik te realiseren, maar omgekeerd geldt ook: meervoudig ruimtegebruik moet een voorwaarde zijn om meer veiligheid te realiseren!

Hartelijk dank voor uw aandacht.

#### *Referenties:*

Suddle, S.I., *Physical Safety in Multiple Use of Space*, Ph.D. Dissertation, Delft University of Technology, Print Partners Ipskamp, September 2004, ISBN 90-808205-2-0, 162 pp. Also downloadable from URL: <http://repository.tudelft.nl/file/275162/201603>